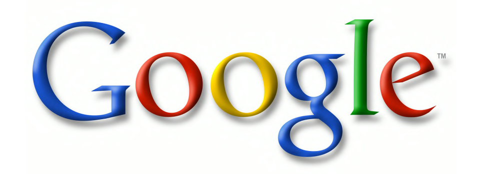


Die philosophisch-soziologische Bücherei

hat es sich zur Aufgabe gemacht, einerseits dem deutschen Publikum die Hauptwerke der ausländischen Philosophie und Soziologie in guten Übersetzungen nahezubringen, andererseits auch wertvolle deutsche Originalarbeiten in ihren Rahmen aufzunehmen. Wie ihr Erscheinen von den Fachgenossen aufgenommen wurde, zeigt eine Zuschrift RUDOLF EUCKENS, der dem Verleger folgendermaßen schreibt:

> „Ich wünsche von Herzen Glück zu den bedeutenden wissenschaftlichen Unternehmungen, die Sie beginnen. Ich glaube, daß hier in Wahrheit eine Lücke besteht, welche dringend der Ausfüllung bedarf: wir Deutschen haben zu wenig Beziehung zu den inneren geistigen Bewegungen der anderen Kulturvölker, und wir könnten daraus doch manches gewinnen."

Es sollen außer deutschen Philosophen zunächst die bedeutendsten Vertreter der ausländischen Philosophie mit charakteristischen Werken zu Worte kommen, daneben wird Rücksicht darauf genommen, daß nicht nur für den Fachmann interessante Werke zur Verdeutschung kommen, sondern auch solche, die für ein größeres philosophisch und soziologisch interessiertes Publikum Wert haben. Die beste Auskunft über Plan und Absichten des Unternehmens gibt ein Blick auf die Titel der schon erschienenen und vorbereiteten Bände:

Erschienen sind bisher (Ende 1908):

Band I. **William James, Der Pragmatismus.** Ein neuer Name für alte Denkmethoden. Deutsch von Prof. W. Jerusalem, Wien. Preis geh. M. 5.—, geb. M. 6.—.

Band II. **Gustave Le Bon, Psychologie der Massen.** Deutsch von Dr. Rudolf Eisler, Wien. Preis geh. M. 3.— geb. M. 4.—.

Band III. **Alfred Fouillée, Der Evolutionismus der Kraft-Ideen.** Deutsch von Dr. Rudolf Eisler, Wien. Preis geh. M. 8.50, geb. M. 10.—.

Band IV. **G. Tarde, Die sozialen Gesetze.** Deutsch von Hans Hammer, Leipzig. Preis geh. M. 3.—, geb. M. 4.—.

Philosophisch-soziologische Bücherei
Band XII

)ie Theorie der Physik
bei den modernen Physikern

Von

Prof. ABEL REY

Deutsch von Dr. RUDOLF EISLER



Leipzig 1908 • Verlag von
Dr. Werner Klinkhardt

Buchdruckerei Julius Klinkhardt, Leipzig.

Vorwort.

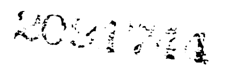
„Die Wissenschaft allein kann der Menschheit dasjenige geben, ohne das sie nicht zu leben vermag: ein Symbol und ein Gesetz" (Renan, Avenir de la science, S. 31).

1. Rechtfertigung der vorliegenden Arbeit und ihrer Methode.

Die Physik nimmt unter den Wissenschaften eine Sonderstellung ein. Sie bildet den allgemeinen Ausgangspunkt aller Naturwissenschaften, der Chemie und der Biologie, denn beide versuchen ständig, zu den obersten Grundsätzen der Physik zurückzugehen. Unter allen Naturwissenschaften, allen Disziplinen, welche mit dem konkreten Sein unmittelbar in Berührung stehen, ist die Physik die weitaus vollkommenste. Sie stellt bereits ein logisches, zusammenhängendes Erkenntnissystem dar, in dem die Zweifel und Lücken relativ kaum bemerklich sind. So ist denn die Physik gewissermaßen das Vorbild der Wirklichkeitswissenschaften, der Typus, den sie realisieren möchten.

Diese zentrale Stellung, welche die Physik im menschlichen Wissen einnimmt, diese Vorhalle, die sie errichtet hat, um uns zu aller positiven Spezialerkenntnis der Materie und des Lebens gelangen zu lassen, mußte mehr als auf die übrigen Wissenschaften auf sie die Aufmerksamkeit der Philosophen und überhaupt aller jener lenken, die aus irgendeinem Grunde die Wissenschaft kritisieren wollten. Bei der Aufsuchung der Grenzen und des Wertes der Physik erörtert man im Grunde nichts anderes, als die Berechtigung der positiven Wissenschaft, die Möglichkeit einer objektiven Erkenntnis überhaupt.

Die anti-intellektualistische Strömung der letzten Jahre des



19. Jahrhunderts, welche aus der Wissenschaft eine utilitaristische Technik macht, stützt sich ihrer Behauptung nach auf eine Analyse der Physik, welche exakter und tiefer ist, als alle bislang vorgenommene. Diese Strömung würde also den allgemeinen Geist der modernen Physik zum Ausdruck bringen und die notwendigen Schlußfolgerungen aus einer unparteiischen Prüfung ihrer Lehrsätze, ihrer Methoden und ihrer Theorien darlegen.

Gern behaupten die Vertreter dieser Anschauung, die traditionelle Methodologie und Philosophie der Physik sei in einen groben Irrtum verfallen und habe an die Stelle der wahren Gestaltung der Physik, des einhelligen Denkens der Physiker einen Gesichtspunkt, eine dialektische Ideologie gesetzt, aus der sowohl eine völlige Unkenntnis der wissenschaftlichen Physik als auch ein intellektualistischer Geist erhellt, dessen Strenge nur allzusehr das Künstliche verrät. Die Physik, sagen sie, ist als wirkliche und konkrete Erkenntnis von dieser rationalistischen Chimäre weit entfernt, sie besitzt vielmehr die ganze vage, verworrene, unruhige Unbestimmtheit, welche ein Merkmal der lebendigen, wirklichen Dinge zu sein scheint. Das Gerede des abstrakten Philosophen hingegen ersetzt die Dinge durch Worte und noch dazu durch solche, welche ungefähr das Gegenteil der Dinge bedeuten.

Die vorliegende Arbeit nun hat das Ziel, diese Behauptungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen; damit war die Methode meiner Untersuchung gegeben und ebenso das zu untersuchende Gebiet.

Diese Methode konnte nur in einer Enquête bei den zeitgenössischen Physikern bestehen. Und hier war die Aufgabe dadurch erleichtert, daß einige Physiker — und zwar sehr namhafte — sich gegenwärtig mit der Philosophie der Physik befassen, wobei sie darunter in fast positivistischer Weise eine allgemeine, synthetisch-kritische Betrachtung der Grundprobleme verstehen, welche einer Wissenschaft bezüglich ihrer Methode und ihrer Zukunft eigen sind.

Zur Erreichung meines Zieles brauchte ich also nur die gegenwärtigen Anschauungen der Physiker über die Natur und Struktur ihrer Wissenschaft aufzusuchen und deren systematische Entwicklung darzulegen, indem ich jenen folgte, welche diese

Fragen speziell behandeln und sie am vollständigsten und klarsten zu stellen scheinen.

Eine rein selbständige, dialektische Methode hätte der Beschaffenheit des Problems nicht entsprochen. Gewiß hat diese spezifisch-philosophische Methode ihre Berechtigung und ihr Interesse, und die Metaphysik hat ihr Objekt neben der Wissenschaft, aber hier handelte es sich einzig und allein um den Nachweis, ob gewisse Folgerungen von Forschern gezogen wurden oder aus ihren Ideen abzuleiten waren.

Übrigens ist es meine persönliche Ansicht, daß die wissenschaftlichen Erkenntnisse das gesamte menschliche Wissen darstellen. Die organisatorische Synthese der Wissenschaften, wie diese von den Forschern verstanden werden, in einem Geiste, der eins wäre mit dem allgemeinen wissenschaftlichen Geist, das ist die „philosophische", dem Positivismus sehr verwandte Anschauung, die ich vorziehe. Eine mittelst der historischen und vergleichenden Methode angestellte Untersuchung über den allgemeinen Geist der gegenwärtigen Physik und über die herrschende Theorie dieser Disziplin, ist ein Teil des für eine solche Philosophie notwendigen Stoffgebietes.[1]

---

[1] Die vorliegende Arbeit ist übrigens nur der erste Teil einer umfassenderen Arbeit, die ich fortzusetzen hoffe.

Diese Arbeit entspricht der philosophischen Anschauung, die ich hier andeute und die ich in der folgenden Einleitung ausführe: die Philosophie, eine Fortsetzung und Verlängerung der Wissenschaften — nicht bloß eine Synthese im positivistischen Wortsinne, sondern eine Verallgemeinerung, welche mittelst einer positiven Methode aus den von den Wissenschaften jederzeit gelieferten Daten das herausgewinnt, was der Mensch betreffs der Erkenntnis oder der Natur der Dinge erfassen kann.

Hier kommt nur die erste der beiden Aufgaben in Betracht, die sich auf die Daten der Physik bezieht. Ich beabsichtige auch die zweite, kompliziertere, in Angriff zu nehmen und festzustellen, was die Naturphilosophie, die Theorie der Materie von der Physik verlangen kann und darf. Es wird der allgemeine Geist dieser Wissenschaft zu untersuchen sein, nicht mehr betreffs ihrer Form und Methode, sondern ihres allgemeinen Gehaltes, ihre umfassendsten Gesetze, d. h. ihre obersten Grundsätze und ihre Hypothesen betreffs der Konstitution der physischen Erscheinungen werden aufzustellen sein — stets auf Grund der Forschungsarbeit.

Wir bemerken, daß eine analoge Arbeit (für die Mathematik wird sie seit einiger Zeit in ziemlich systematischer Weise unternommen) auch

2. Folgerungen, zu denen die vorliegende Arbeit zu berechtigen scheint.

Ich erkläre gleich hier, daß ich zunächst von der Anschauung ausging, daß die Physik eine willkürliche und zufällige Konstruktion sei — diese Anschauung lag in der Luft, und der Intellektualismus und Rationalismus ward von meiner Generation recht mißachtet — und daß ich zu ganz entgegengesetzten Ansichten gelangt bin, als ich so gewissenhaft als möglich dem Gedanken der Physiker über die Physik nachging. Als Ergebnis dieses Beitrages zur Geschichte und Logik der Wissenschaften glaubte ich folgendes behaupten zu können:

1. Daß alle Physiker einen beständig anwachsenden Grundstock notwendiger und allgemeiner Wahrheiten anerkennen.

2. Daß dieser Grundstock von Wahrheiten in dem Inbegriff rein experimentaler Resultate besteht.

3. Daß das Willkürliche — und zwar von diesem stabilen, definitiven Grundstock scharf geschieden — nur in den theoretischen Konstruktionen besteht, welche alle diesen Grundstock intakt lassen und uns ihn intakt finden lassen, weil sie nur Arbeits- und Systemmittel waren; dadurch wird ihre Bedeutung nicht geschmälert, denn so sind sie die Quelle aller Entdeckungen und alles Fortschrittes auf physikalischem Gebiete. Sie konstituieren das Reich der Hypothese, d. h. (wenn ich mich eines Ausdruckes, der sonst etwas anderes bedeutet, bedienen darf) der sukzessiven Annäherungen an die Wahrheit; dies setzt eine Wahrheit voraus, der sie sich immer mehr nähern. Ihre Divergenz rührt also nur von ihrer besonderen wissenschaft-

---

betreffs der übrigen Wissenschaften ausgeführt werden kann. Solcherart könnten die Elemente einer wahrhaft positiven Philosophie vereinigt werden. Diese würde dann gewissermaßen die Periode der individuellen Systeme verlassen und sich auf eine kollektive Arbeit stützen. Sie würde sich, wenigstens in ihrem Unterbau, der allgemeinen Gestalt alles positiven Wissens nähern, indem sie von den persönlichen Deutungen abstrahiert, welche wahrscheinlich stets auf dem Gebiete des Gefühls und des Glaubens die Metaphysik vollenden werden. Sie würde, wie die Einzelwissenschaft, durch gleichzeitiges und sukzessives Zusammenarbeiten fortschreiten.

lichen Bestimmung und von der individuellen Geistesrichtung der Forscher her.

4. Daß man berechtigt ist, von einem allgemeinen, homogenen Geist der physikalischen Disziplinen zu sprechen und daß er zugleich eine künftige positive Logik der Naturwissenschaften und eine menschheitliche Philosophie der Materie und ihrer Erkenntnis gestaltet.

Schließt das Wort „menschheitlich“ eine relativistische Einschränkung ein? Vielleicht; aber ich gestehe, daß ich für ein nicht rein menschliches Denken einen Sinn, der meinem menschlichen Denken zugänglich ist, nicht gefunden habe. Menschliches, allgemeines Wissen oder ein Wissen sub specie aeterni scheinen mir für den Menschen synonym zu sein. Denn sollte er eine wertvollere Erkenntnis oder wenigstens eine solche von undiskutierbarer Offenbarung erlangen, so wird er nichts davon wissen.

Dezember 1905.

Inhaltsverzeichnis[1]).

[1]) Das sehr ausführliche Inhaltsverzeichnis des Originals wurde gekürzt, dafür aber ein Namensverzeichnis hinzugefügt.

Seite

II. Teil.

Philosophische Konsequenzen.

Fünftes Buch.

Sechstes Buch.

Einleitung.

Abgrenzung des Problems. Die mannigfache Bedeutung desselben.

I. Der Gegenstand der Untersuchung und seine historische Bedeutung.

1. Die Geschichte der Wissenschaften weist zwei fundamentale Probleme auf.

Zunächst kann man der Entwicklung der wissenschaftlichen Ergebnisse nachgehen, man kann also eine Geschichte der Entdeckungen und der Theorien oder die Monographie der Forscher geben, den Ursprung der Entdeckungen und Theorien oder die Einflüsse der Forscher aufeinander verfolgen, die Beziehung der wissenschaftlichen Entwicklung zu den Bedürfnissen des natürlichen und sozialen Milieu, zur Kulturgeschichte und auch zu den Denkforderungen betrachten.

Man kann sodann die Geschichte des wissenschaftlichen Geistes, der Atmosphäre, in welcher die Wissenschaft erstand und wuchs, in Angriff nehmen.

Die Arbeiten und Monographien über das erste Problem sind zahlreich; die Forscher selbst haben es meistens auf sich genommen, uns nicht bloß durch spezielle Abhandlungen, sondern auch durch mehr oder weniger umfassende Gesamtdarstellungen in hohem Maße zu belehren. Es wäre vielleicht zu wünschen, daß diese Arbeiten mittels einer besseren historischen Methode ausgeführt und daß sie zur allgemeinen Geschichte und besonders zur Wirtschaftsgeschichte in engere Beziehungen ge-

bracht worden wären. Mindestens aber hat man doch ein reiches, verläßliches Material, eine ausgezeichnete Dokumentierung aus erster Hand.

Ganz anders steht es mit dem zweiten Problem, namentlich für die gegenwärtige Periode.

Die zahlreichen und hervorragenden Darstellungen der Geschichte der griechischen Philosophie, des Denkens der Griechen, der Renaissance-Philosophie haben es, während methodisch spezialisierte Arbeiten über dieses Thema noch ein Desiderat sind, unternommen, uns in fast vollständiger Weise betreffs des wissenschaftlichen Geistes des klassischen Altertums und der Renaissance zu unterrichten. Die Forscher des griechischen Altertums und der Renaissance sind die Philosophen beider Zeiten; daraus erklärt es sich, daß der wissenschaftliche Geist sich in innigster Verbindung mit dem philosophischen Geist entwickelt hat und daß die Geschichte des einen zugleich die Geschichte des anderen ist. Durchaus künstlich und in jeder Beziehung irreführend wäre eine Geschichte des wissenschaftlichen Geistes unabhängig von der des philosophischen.

Aber schon seit dem 18. Jahrhundert gehen Wissenschaft und Philosophie immer mehr nach verschiedenen Richtungen, wie es die Arbeitsteilung und die Sonderung der Methoden mit sich bringt. Die eine nimmt das Feld der Erfahrung oder der mathematischen Demonstration in Beschlag, die andere das Gebiet der Dialektik. Von ihren Wechselbeziehungen sieht man ab und spärlich sind die Arbeiten, welche den wissenschaftlichen Geist, den allgemeinen Geist der Wissenschaft herauszuentwickeln suchen. Die Vertreter der Wissenschaftsgeschichte weisen diese Aufgabe der Geschichte der Philosophie zu und befassen sich insbesondere mit der Geschichte des Wissenschaftsgehaltes und des Ursprungs der Entdeckungen. Die Historiker der Philosophie wiederum finden eine sehr spezialisierte Philosophie vor und vergessen so ziemlich, die wissenschaftlichen Forscher heranzuziehen.

2. Besteht nun nicht zugleich vom Gesichtspunkte der Wissenschafts- und dem der Philosophiegeschichte, allgemeiner noch von dem der Geschichte der Ideen, ein Interesse, den Blick auf die Geschichte des mit der dieses Namens würdigen Philosophie innig verknüpften wissenschaftlichen Geistes zu lenken,

sei es, insofern jener auf die letztere einen Einfluß ausübt, wie dies auf der Hand liegt, sei es, insofern er von ihr beeinflußt wird — was vielleicht häufiger zutrifft, als man denkt?

Im folgenden beabsichtige ich, einen partiellen Beitrag zu dieser Untersuchung zu bieten. Ich werde die allgemeinen Anschauungen der modernen Physiker prüfen, wobei ich den Nachdruck auf die objektive Bedeutung, welche sie den physikochemischen Disziplinen beimessen, lege. Eine ernste Geschichtschreibung kann vorerst nur mit Monographien einsetzen. Die vorliegende Arbeit wird nicht den Geist der neueren Gesamtwissenschaft, sondern nur den der zeitgenössischen Wissenschaft zum Gegenstande des Studiums machen. Sie wird nicht den Geist der gesamten zeitgenössischen Wissenschaft, sondern nur den der physiko-chemischen Wissenschaften untersuchen, und zwar nicht nach allen seinen Seiten, sondern sie wird die auf den objektiven Wert der Physik bezüglichen Ideen der Physiker in den Vordergrund stellen und versuchen, sie aus den allgemeinen Anschauungen der Physiker über die Physik herauszuschälen.

Diese Frage ist für alle Formen des Wissens fundamentaler Art, und sie hat mit Recht unter allen allgemeinen Problemen, welche hinsichtlich des Geistes der zeitgenössischen physikochemischen Wissenschaften vorliegen, die besondere Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gelenkt und ist von den Philosophen am meisten erörtert worden. Die von mir unternommene Monographie ist also von allgemeiner Bedeutung. Diese Bedeutung erscheint noch größer, wenn wir bedenken, daß die physiko-chemischen Wissenschaften vermöge ihrer Methoden, ihrer Fortschritte, ihrer Ergebnisse, ihrer Rolle in der modernen Wissenschaft mehr als je die Vorherrschaft haben. Sagt man nicht von einer Disziplin, die auf irgendeinem Gebiete so positiv als möglich sein will, sie bediene sich einer physikalischen Methode? Und ist es nicht die Physik, welche den Verächtern metaphysischer Lösungen die Grundlagen der Antworten auf die allgemeinen Weltprobleme an die Hand gibt?

Wenn also auch das von mir behandelte Thema sorgsam abgegrenzt und beschränkt ist, so entbehrt es doch deshalb nicht der allgemein-philosophischen Bedeutung.

II. Philosophische Bedeutsamkeit geschichtlicher Untersuchungen des wissenschaftlichen Geistes.

1. Man hat oft geglaubt — die ideologische und dialektische Philosophie mußte zu einer solchen Annahme führen — die Philosophie sei eine isolierte und unabhängige Untersuchungsreihe, eine eigenartige Spekulation, welche mit der positiven Wissenschaft und Technik nichts oder fast nichts gemein hat. Diese Anschauung halte ich für ganz irrig. Die ernste Philosophie, jene, welche die Tradition der großen Denker für sich hat und wahrhaft fruchtbar gewesen ist, ist das Werk der Forscher und eine Fortsetzung der Wissenschaft, weil sie nur eine neue Betrachtungsweise derselben Gegenstände ist, eine ergänzende Betrachtungsweise, zu welcher die positivste wissenschaftliche Arbeit notwendig führt. Diese schreitet nur fort, weil sie ihre Erklärungsprinzipien stets weiter ausdehnen will als es ihre Bestimmung der Strenge nach erlaubt; diesem Bestreben verdankt sie ihre Entdeckungen. Im Augenblicke aber, wo die Wissenschaft durch ihre Hypothesen die engen Grenzen strenger Gewißheit überschreitet, vermengt sie sich mit der Philosophie und geht, oft in kaum merklichen Übergängen, in ihr auf.

Hat nicht die Philosophie, statt von außen und von oben herab Erklärungen zu liefern, die stets von zweifelhafter Kompetenz sind, nämlich Urteile von apriorischer Gültigkeit, vielmehr das reiche Material der Wissenschaft zu verwerten, ihr zunächst zu folgen und sie sodann fortzusetzen? So wie sie eine interessante und notwendige Theorie der Dinge aufstellen kann, indem sie in kritischer Weise die höchsten Verallgemeinerungen, zu denen sich die wissenschaftlichen Hypothesen erheben, in eine Synthese bringt, deren Geist herausarbeitet und deren Bedingungen und Grenze feststellt, so hat sie auf dem Gebiete der Erkenntnis ihre nützliche und notwendige Aufgabe, indem sie die Reflexionen der Forscher über ihre Methoden von einem synthetisch-kritischen Gesichtspunkt aus aufgreift und zu den Merkmalen, Bedingungen und Prinzipien des wissenschaftlichen Geistes zurückgeht. Mittels dieser doppelten Aufgabe, bei deren jeder sie ihrem doppelten, synthe-

tischen und kritischen Bedürfnis gehorchen wird, wird sie zur Schöpfung, Erhaltung und Reinigung jener Atmosphäre beitragen, ohne welche die Wissenschaft nicht zu leben und fortzuschreiten vermag und welche, sobald sie durch einen dem wissenschaftlichen Geist feindlichen oder ihm gegenüber gleichgültigen Geist zu sehr getrübt wird, die Wissenschaft gefährdet. Die Philosophie ist in erster Linie die Verteidigung und Erhöhung des wissenschaftlichen Geistes; eine gefahrvolle und folgenschwere Aufgabe, denn es handelt sich hier schließlich um die Kultur, wie sie sich in der griechisch-römischen Welt und sodann, seit dem Ende des Mittelalters, in Westeuropa entwickelt hat.

2. Auf den ersten Blick kann diese Auffassung der Philosophie beschränkt und sektirerisch, jedenfalls aber sehr parteiisch erscheinen. Unterdrückt sie nicht die freie Untersuchung, stellt sie nicht ein autoritatives Prinzip auf, die Wissenschaft? Erhebt sie nicht den Glauben an die Wissenschaft zum Dogma? Es scheint mir der Fall zu sein, aber ich glaube auch, man ist, wenn man es recht bedenkt, genötigt, mit Renan anzuerkennen, daß heutzutage allein die Wissenschaft einen Glauben zu begründen und ein Gesetz aufzustellen vermag. Die Philosophie kann keine andere Aufgabe haben als die Vereinheitlichung und Kritik unseres Wissens oder, wenn man lieber will — um eine Definition zu geben, die an keine Schule erinnert und die von den Metaphysikern jeder Richtung angenommen werden kann — die Aufgabe, das Maximum des uns zugänglichen Wissens zu erstellen, die Schranken des Unbekannten immer weiter zu rücken und es sogar zu beseitigen. Nun haben uns bislang nur die Wissenschaften unanfechtbare Erkenntnisse geboten, welche die Eignung haben, alle normalen und vertrauensvollen Geister innerhalb der bescheidenen Grenzen, in denen sie noch beschlossen liegen, zu ralliieren. Die Wissenschaften allein haben uns Methoden der Kontrolle und Verifizierung unserer Erkenntnisse und hinreichende Erkenntnisse für alle Geister, welche sich diesen Methoden der Kontrolle und Verifizierung beugen wollen, geliefert. Und bei der Mannigfaltigkeit der Gebiete, auf die der Ausdruck sich bezieht, wäre es sehr schwierig, von der Wissenschaft eine andere Definition zu geben als diese: der Inbegriff

der Erkenntnisse, die in Wirklichkeit allein geeignet sind, alle menschlichen Köpfe zu einigen.

Ich frage mich nun, wie man nicht in allen Bemühungen um das Wissen die Resultate und Hypothesen der Wissenschaft zum Ausgangspunkt nehmen und sich nicht ihrer Autorität unterordnen kann. Das Wort „Hypothesen" habe ich unterstrichen, denn nur die Wissenschaften haben uns bislang verifizierbare Hypothesen dargeboten, vorgebildete Anschauungen, die der Kontrolle fähig sind und die zum Teil in der Tat kontrolliert worden sind. Das hat seinen einfachen Grund. Die wissenschaftliche Hypothese ist eine Suggestion von Tatsachen in einem Geiste, der mit ihrer Bewegung und mit den zu Resultaten führenden Methoden vertraut ist. Unter allen erdenklichen Hypothesen sind es wieder die wissenschaftlichen Hypothesen, welche die größte Aussicht haben, eines Tages wenigstens teilweise keine Hypothesen zu sein oder durch ihre Kritik zu Wahrheiten zu führen.

Auf dem Felde der Erkenntnis, des Wissens also ist die Wissenschaft der fruchtbare, der einzige Ausgangspunkt. Wir begehren nach Wahrheit, und jene allein hat uns in den engen Grenzen unseres geringen Erkenntnisvermögens das gegeben, was wir Wahrheit nennen können, d. h. etwas, was wir als Wahrheit anzuerkennen übereingekommen sind und was wir als solche in jenen unserer Handlungen, welche die Naturerscheinungen modifizieren oder uns mit ihnen in Berührung bringen, verwerten konnten. Wenn es sich um das Erkennen handelt, gibt es nur eine Autorität, der wir uns aber unterwerfen müssen: die Wissenschaft.

Die Philosophie, ein Streben nach Erkenntnis, muß demnach, will sie sich nicht selbst verleugnen, die Tatsachen der Wissenschaft akzeptieren. Will sie nicht ihrem eigenen Ziel widerstreiten, so ist die Verteidigung der Wissenschaft ihre erste Aufgabe, wenn sie sich als Kritik der Werte gibt und darunter die Kritik der Erkenntnis versteht; so sind auch die Ergebnisse der Wissenschaft und deren Hypothesen ihr Ausgangspunkt, wenn sie es unternimmt, die wissenschaftliche Erkenntnis zu überschreiten, um zu einer vollständigeren Gesamtanschauung der Welt zu gelangen.

Die Erklärung genügt nicht, daß die Wissenschaft lebt und sich entwickelt und daß sie keiner fremden Hilfe bedarf. Die Geschichte bezeugt uns das Gegenteil. Die Wissenschaft verkümmert und erstirbt in einer geistigen Umwelt, in einer Kultur, die ihr feindlich ist. Die Wissenschaft kann auf dem Erkenntnisgebiete keine dienende Stellung einnehmen, sie kann hier nur Herrin sein oder sie verliert ihren Charakter, sie geht rapid zugrunde. Die Untersuchung der Anschauungen der zeitgenössischen Physik in ihrem allgemeinen Geist und der Versuch der Herauslösung der ihr immanenten Philosophie ist daher kein zweckloses Unternehmen.

3. Übrigens kann uns dies eine Bewegung dartun, welche sich seit kurzem auf dem allgemeinen Wissenschaftsgebiete und namentlich auf dem Felde der Mechanik und der physiko-chemischen Wissenschaften gezeigt hat. Das Gebiet der Wissenschaft ist von dem der Philosophie nicht so scharf gesondert als man gemeint und auf Grund eines unvollkommenen Positivismus oder auch eines sinnreichen Fideismus, neue Arten der Gewißheit zu suchen, behauptet hat. Zwischen Wissenschaft und Philosophie besteht eine unmittelbare Kontinuität, sowohl durch die methodologische Kritik seitens der Forscher, als auch durch die allgemeinen Hypothesen, welche die kostbarsten Werkzeuge, die spezifischen Apparate ihrer Methoden sind. Bei der Erforschung des Wesens der Dinge sowie in der Erkenntniskritik kann die Philosophie sich durchaus als eine Förderung der Wissenschaft bezeugen. Weit entfernt, die philosophischen Spekulationen, die philosophischen Grenzen und Marken ihrer Disziplinen abzulehnen, finden die Physiker offenbares Gefallen daran und vermehren die Zahl der philosophischen Arbeiten. Wir können übrigens leicht sehen, daß sie stets so verfahren haben; nur taten sie es in latenter oder halbbewußter Weise, während sie es nun in voller Erkenntnis des Grundes tun, indem sie vollbewußt philosophieren und diese Arbeit nicht bloß für interessant, sondern für notwendig finden.

Die Zeit ist vorüber, da schlecht unterrichtete Physiker die Nichtigkeit der Philosophie verspotten konnten. In dem Maße, als die Hypothese in allen ihren Formen und Verkleidungen als die fruchtbare Inspiratorin der Entdeckungen und deren Methoden

erwies, griff die Wissenschaft auf das verspottete Gebiet der Philosophie über. Diese gemeinsame Grenze oder vielmehr dieses nicht recht abgegrenzte Gebiet zwischen Physik, Wissenschaft und Philosophie bestand jederzeit, niemals aber hat man sich so wie heute darüber Rechenschaft gegeben.

Allerdings hatten die Gelehrten um die Mitte des 19. Jahrhunderts, welche über die Philosophen liebenswürdig spotteten, vielleicht guten Grund dazu. Die Philosophie, von der Wissenschaft verstoßen, welche gleichwohl, ohne es zu wissen, die Philosophie im guten Sinne fortsetzt, entfernte sich von dem festen Boden der wissenschaftlichen Erkenntnisse und Einsichten. Es wird nicht einer der geringsten Dienste sein, den die zeitgenössische Wissenschaft dem menschlichen Denken leistet, daß sie, indem sie das traditionelle Band zwischen der Philosophie und der Wissenschaft des 16. und 17. Jahrhunderts wieder anknüpft, eingesehen hat, daß die Philosophie für sie vitale Bedeutung besitzt. Und zugleich wird sie der Philosophie selbst den wesentlichen Dienst erwiesen haben, sie aus umwölkten Gipfeln zur sicheren Erde zurückzuführen und ihr mit einer unerläßlichen Aufgabe zugleich ein positives Verfahren und Objekt darzubieten.

III. Verhältnis der Logik der Wissenschaften zur Geschichte des wissenschaftlichen Geistes.

1. Nicht bloß der Philosophie wird dieser Beitrag zur Geschichte der Wissenschaften und des wissenschaftlichen Geistes vielleicht einige Dienste leisten können, sondern auch der Logik der Wissenschaften, wenn man eben die Logik als eine positive Forschung auffaßt und sie unter diesem Gesichtspunkte von den Dingen unterscheidet, für welche Renan den Namen „Philosophie" reservierte, um sich an den streng wissenschaftlichen Gesichtspunkt zu halten.

Unter dem Namen „Epistemologie" oder Erkenntnislehre versteht man in der Regel die dialektische Erörterung, welche sich von den Mitteln, welche das wissenschaftliche Erkennen aufwendet, recht entfernt. Der Wert der Erfahrung, der Vernunft,

der allgemeinen Begriffe, der Verstandeskategorien, der obersten Grundsätze, auf die sich die wissenschaftlichen Theorien stützen, der Wert der Intelligenz, kurz das Wesen des Geistes als einer Funktion der Erkenntnis und die Natur der Erfahrung als des Gegenstandes dieser Erkenntnis, das sind die Probleme, welche in diesen Spekulationen gewöhnlich erörtert werden. Sie haben insgesamt eine mehr oder weniger ausgesprochene Tendenz zur Metaphysik und die vorgebrachten Lösungen sind alle vom metaphysischen Geiste erfüllt. Weit entfernt bin ich, das Interesse und den Nutzen der Metaphysik zu leugnen; sie ist die notwendige Grenze alles Strebens nach einer Totalanschauung des Universums, demnach alles stetigen und unverzagten Strebens nach Erkenntnis. Aber die Metaphysik hat nur als Grenze einen Wert; sie darf weder zuvor- noch dazwischenkommen. Bevor man daher die Metaphysik der Erkenntnis und der Wissenschaft in Angriff nimmt und sich auf die ontologische Metaphysik, welche vom Wesen des Erkenntnisgegenstandes und des Erkenntnissubjekts handelt, einläßt, ist es nicht nur in der Ordnung, sondern auch notwendig, eine Untersuchung vorzunehmen, welche zwar jene fördert, aber ganz anderer Art ist.

Ich verstehe unter der Logik etwas anderes, nämlich eine rationelle Kunst, welche auf wissenschaftliche Forschungen sich gründet und der rationellen Kunst der Moral analog ist, die sich auf eine Wissenschaft der Sitten stützt, eine Kunst, wie sie Lévy-Brühl definiert hat. Aus theoretischen und praktischen Bedürfnissen streben wir nach dem Wissen. Der Trieb der Neugierde ist die rudimentäre Außerung dieses Strebens; sein Ziel besteht in der möglichst adäquaten Erkenntnis der Tatsachen und zwar aller, welche in einer oder der anderen Weise unser Bewußtsein affizieren können, wobei die Beziehungen zwischen diesen Tatsachen selbst als Tatsachen gelten. Dieses Ziel hat, wie ich es auffasse, keinerlei transzendenten Sinn. Es ist, glaube ich, ein indiskutabler Tatbestand; die Logik muß von der Tatsache: der Mensch will erkennen, ebenso ausgehen, wie die Medizin von jener: der Mensch will gesund sein.

Die Bemühungen des Menschen um Erkenntnis sind mehr oder minder glücklich, dies ist eine weitere Tatsache; der Irrtum, die Wahrscheinlichkeit, die Wahrheit sind Ausdrücke, welche

diese Tatsache erhärten. Das gleiche läßt sich von den Bemühungen des Menschen um seine Gesundheit sagen.

Man nennt Wahrheit das glückliche Ergebnis auf dem Gebiete der Erkenntnis, jenes, welches uns die getreue Vorstellung, das exakte Wissen von den Tatsachen, die wir erkennen wollen, gibt, wie man Gesundheit das glückliche Ergebnis auf medizinischem Gebiet nennt.

Die Medizin ist die rationelle Kunst, welche sich die Bestimmung der Regeln für die Erforschung der Gesundheit zum Ziele setzt. Ähnlich wird die Logik die rationelle Kunst sein, welche die Regeln bei der Erforschung der Wahrheit fesstellt.

Diese letzten Worte bedürfen der Präzisierung. „Erforschung der Wahrheit" kann bedeuten: Erfindung, wissenschaftliche Entdeckung oder auch, wenn eine Erkenntnis als wahr hingestellt wird, durch welche Mittel sie auch erworben sein mag: Der Inbegriff des Verfahrens, mittels dessen man deren Wahrheit erweist.

Eine Zeitlang glaubte ich,[1] eine sorgfältige Betrachtung der Tatsachen könne uns Regeln sowohl für die Erfindung als auch für deren Bewährung an die Hand geben. Jetzt halte ich diese Meinung für übereilt. Meine Untersuchungen berechtigen mich zu folgendem Schlusse: die Entdeckung entzieht sich so ziemlich allen präzisen Gesetzen; sie ist das zufällige Privileg des Genies. Anders steht es aber mit dem Beweis.

Jede Wissenschaft ersteht und entwickelt sich, indem sie ihre Beweismittel fixiert; ihre Methoden sind wesentlich die Verwendung dieser Mittel. Die Kritik der Wissenschaft, jene nämlich, mit der sich nicht die Metaphysiker, sondern die Forscher befassen, zielt nur darauf ab, das Problem des Wertes und der Grenzen ihrer Beweiskraft zu lösen. Wir müssen daher, wie ich glaube, teilweise zur alten Definition der Logik zurückkehren. Sie ist die rationelle Beweiskunst. Sie stellt die Regeln auf, kraft deren ein Gedankengang uns Wahrheit bieten kann, und vermöge welcher sie zugleich sich dieser Grenze nähern kann, indem sie ein präzises Approximationsmaß wählt. Kurz, sie wird die Regeln systematisieren, vermöge deren wir

[1]) Vgl. Revue philosophique: Was wird aus der Logik?

den Wert unserer Erkenntnisse, ihre Beweiskraft praktisch und tatsächlich schätzen können.

Es geht hieraus naturgemäß hervor, daß die Gewohnheit, unsere Erkenntnisse nach ihrem wahren Wert zu schätzen, und zwar nach den Regeln der logischen Kunst, eine wahre Hygiene des Denkens darstellen wird. In ihrer Schule wird der Intellekt zugleich mit dem notwendigen kritischen Geist das Verdienst erwerben, niemals eine These aufzustellen, ohne nach den beweiskräftigen Methoden seine Behauptung in der Ordnung der Erkenntnisse, zu welcher der aufgestellte Satz gehört, erhärtet zu haben.

Dies vorausgesetzt: wie ist die logische Kunst zu konstituieren? Manche, welche die Vernunft als ein transzendentes Vermögen und als etwas Ursprüngliches betrachten, glauben, daß wir, indem wir deren Grundgesetze a priori entwickeln, allmählich zur Begründung einer Universalmethode zur unanfechtbaren Erhärtung der Wahrheit unser Schlüsse gelangen werden. Hingegen glauben andere, dieses Resultat werde sich nur vermittels einer Methode erreichen lassen, welche der von allen anderen Techniken — der des Mechanikers, des Ingenieurs, des Chemikers, der Medizin, der Hygiene usw. befolgten, analog ist. Der Arzt stellt die Regeln der Therapeutik oder der Hygiene auf Grund der von den Physiologen und Biologen entdeckten Gesetze, welche wiederum auf physiologischen und biologischen Erfahrungen beruhen, auf. Eine rationelle Kunst ist stets nur ein Inbegriff von Regeln, die aus wissenschaftlichen Gesetzen abgeleitet sind, welche bekanntlich Gesetze der Voraussage sind: Wissen ist Voraussehen und demzufolge Macht.

Ich schließe mich der zweiten Anschauung an.

Die logische Kunst muß demnach ihre Regeln auf Grund der Gesetze jener aufstellen, welche den geistigen Organismus der Erkenntnis und die geschichtliche Entwicklung dieser Erkenntnis studieren. Sie ist die Kunst, welche sich unmittelbar auf die Wissenschaftslehre stützt, so wie die Ethik die Kunst ist, welche sich auf die Moralwissenschaft stützt. Wie die Ethik, ja noch mehr, hat die Logik den Nachteil, daß die Erkenntniswissenschaft kaum noch existiert. So ist denn die Logik wie die Ethik eine empirische Kunst, eine Kunst in der vorwissenschaftlichen, also vortechnischen Periode.

Die Regeln der formalen Logik, d. h. der allgemeinen Exposition der Ideen, des Vortrages, gleichgültig, was der Gegenstand desselben sein mag, werden nur dann als positiv legitimiert sein, wenn sie insgesamt aus sicheren psychologischen Gesetzen abgeleitet sein werden. Dann wird man einsehen, daß wir in zwingender Weise nicht anders denken können, weil unser intellektueller Organismus nicht anders funktionieren kann. So wendet auch der Ingenieur, welcher eine Wärmemaschine konstruiert, die physikalischen Gesetze an, und er weiß wohl, daß er zur Erreichung des Maximalgewinnes nicht anders vorgehen kann.

Neben der Logik des Vortrages, der formalen Logik ist aber noch die Logik der Gedankengänge auf allen Gebieten der Erkenntnis, d. h. die Logik der verschiedenen Wissenschaften zu konstruieren.

Hier ist es weniger die allgemeine Psychologie als die Spezialgeschichte der Beschaffenheit der wissenschaftlichen Methoden und sodann die Schätzung ihrer Beweiskraft seitens der Kompetenten, was die logische Kunst vorzubereiten hat. Es muß dieser also eine Geschichte der Wissenschaften vorausgehen, insbesondere eine Geschichte der Anschauungen und Feststellungen der Forscher in betreff der Methoden, überall da, wo die Wissenschaft so vorgeschritten ist, daß die Methoden fruchtbare Forschungen auf sich lenken. Die Philosophie, namentlich die amerikanische, hat transzendentalen Untersuchungen über die Prinzipien und allgemeinen Bedingungen der Wissenschaften den Namen „Epistemologie" gegeben. Dieser Ausdruck könnte, wenn er positivistisch gewendet wird, gut die aktenmäßige Forschung, den Inbegriff der zur Begründung eines exakten Gesamtbildes der verschiedenen Wissenschaften notwendigen historischen Betrachtungen, eine positive Wissenschaft der Wissenschaften bezeichnen. Und die historische Untersuchung des allgemeinen Geistes jeder Wissenschaft wäre dann eine der großen Sektionen dieser historischen Epistemologie.

3. In diesem Buche will ich einen Beitrag zu diesen historischen Untersuchungen des wissenschaftlichen Geistes liefern, damit also auch eine Vorstudie zur Logik der Naturwissenschaften. Ich werde versuchen, von einem wesentlich historischen Gesichts-

punkte aus ein synthetisches Bild der allgemeinen Anschauung der physikalischen Wissenschaften nach den zeitgenössischen Physikern zu geben. Ich werde den Versuch machen, die Grundrichtungen, in welche sich die wissenschaftlichen Geister zu spalten scheinen, und die allgemeine Tendenz, welche sich vielleicht unter den Diskussionen und Polemiken verrät, herauszuheben. Ich will als Historiker vorgehen, aber als ein solcher, der sich der Dienste bewußt ist, welche eine positive Logik der Geschichte der Wissenschaften verdanken kann. Ich werde das methodologische Ziel, zu dem diese Geschichte beitragen kann, nie aus dem Auge verlieren.

Auf die gegenwärtige Periode beschränke ich mich deshalb, weil die Physiker nur in dieser die stetige und genaue Erörterung ihrer Methoden aufgenommen haben, mit Ausnahme der Renaissance, wo übrigens die Diskussion sich auf die Kritik der Scholastik beschränkte und vielmehr vom Standpunkte der Wissenschaft im allgemeinen als von dem besonderen Gesichtspunkte der physiko-chemischen Wissenschaften ausging; man nahm besonders die Freiheit des wissenschaftlichen Forschens, die freie Untersuchung gegenüber dem Autoritätsprinzip in Anspruch. Wir stehen, wie ich glaube, noch ganz am Anfang der Periode, wo es möglich sein wird, die Technik der Physik zu begründen, am Anfang der Periode der speziellen Kritik eines bislang recht vag und empirisch gebliebenen Verfahrens. Daraus erklärt sich die Aufmerksamkeit, welche sich den physikalischen Wissenschaften mit einemmale zugewandt hat, und zwar infolge der scheinbar tiefen und wirklichen Meinungsverschiedenheiten betreffs der allgemeinen Anschauung der Forscher über ihre Wissenschaften. Dies erklärt auch die skeptischen Folgerungen, die man daraus zu ziehen sich für berechtigt hielt und zu ziehen beeilte, und die man als die Krisis in der Physik der Gegenwart bezeichnen kann.

Kurz, die Logik der Wissenschaften hat zum Hauptziel die Präzisierung der wissenschaftlichen Methoden zwecks Herstellung einer strengen Kontrolle ihrer Resultate, sowie, durch Verbreitung dieser Methoden, die Erziehung des Geistes im Sinne der Wissenschaft; denn eine Logik der Wissenschaften ist nicht für den mit der Anwendung der Methoden vertrauten Forscher oder für den

Schöpfer der Methoden bestimmt, sondern jenen, welche diese Fachbildung nicht besitzen, soll sie Anteil an ihren Vorteilen gewähren.

Vielleicht sagt man uns, diese Aufgabe sei von keinem besonderen Nutzen, da sie gewissermaßen nur eine Untersuchung aus zweiter Hand ist. Warum geben wir die Logik der Wissenschaften nicht völlig auf und lassen wir nicht das Wort den Forschern allein und ihren Werken, welche Gebilde erster Hand sind? Verdoppeln wir sie zwecklos? Das Argument scheint etwas für sich zu haben. Aber wenn die Logik der Wissenschaften das Werk der Forscher ist, so müssen wir sie noch immer aus diesem Werke herauslösen. Die Forscher sind weit entfernt davon, stets einer Meinung zu sein, und die Kritik hat in den letzten Jahren nur ihre Divergenzen dargelegt und übertrieben. Es wäre vielleicht fruchtbarer gewesen, zu suchen, worin und inwieweit sie miteinander übereinstimmen, das Wesen, die Grenzen und die Tragweite ihrer Differenzen zu bestimmen. Der Wissenschaftslogiker hat, wiewohl ihm seine Aufgabe durch die Arbeiten der Forscher über die allgemeine Kritik der Wissenschaft und deren Methode gesetzt ist, doch seine eigene, leicht und reinlich abzusteckende Aufgabe. Er muß die Arbeiten aus erster Hand zusammenstellen und miteinander vergleichen und über oder in den inneren Streitigkeiten den Königsweg der wissenschaftlichen Entwicklung, das Ständige und Dauernde suchen. Nachdem er als unparteiischer Historiker und Analytiker vorgegangen ist, muß er die Synthese versuchen, welche die von ihm herangezogenen Dokumente ermöglichen, ohne sich, wenigstens soweit als möglich, auf die speziellen Streitfragen einzulassen. Der Vertreter der Einzelwissenschaft, der von seiner Disziplin und ihrem besonderen Gesichtspunkt ganz erfüllt ist, sieht nur diese Lehre und die Gesichtspunkte, die er gewählt hat, weil sie ihm allen anderen überlegen zu sein scheinen; so kann er denn nur für sie sich einsetzen. Seine Betrachtungen über die Methoden sind stets mehr oder weniger apologetisch. Er bildet sich eine persönliche Anschauung oder folgt einer solchen. Der Logiker bedarf der Aufsuchung des Allgemeinen durch die historische Wissenschaftslehre.

Die vorliegende Arbeit kann zu diesem Ziele beitragen, in-

dem sie zu bestimmen versucht, worin die Theorien der zeitgenössischen Physiker betreffs ihrer Wissenschaft übereinstimmen.

IV. Das aktuelle Interesse einer Untersuchung des allgemeinen Geistes der Physik.

1. Diejenigen, welche vor etwa fünfzig Jahren den Zustand der physiko-chemischen Wissenschaften schildern und aus ihrer allgemeinen Richtung die Zukunft prophezeien hätten wollen, hätten leicht untereinander übereinstimmen können. Die Versuche nach dieser Richtung hin haben alle analoge Ergebnisse, und die wissenschaftlichen Arbeiten der zwei ersten Drittel des 19. Jahrhunderts sind von einem Geiste erfüllt. Wohl gibt es Divergenzen im einzelnen, bemerkenswerte Streitigkeiten unter den Forschern, z. B. in der Optik oder in der Wärmelehre. Aber schon die Art und Weise, wie diese Kämpfe sich entspinnen und aufeinander folgen, zeigt, daß die beiden Lager gemeinsame Leitgedanken haben. Man glaubt an eine rein mechanische Naturerklärung; man stellt die Forderung auf, daß die Physik nur eine Komplikation der Mechanik, eine Molekularmechanik sei. Nur bezüglich der Wege, auf welchen die Physik auf Mechanik zurückzuführen ist und betreffs der Einzelheiten des Mechanismus weicht man voneinander ab. Jeder Forscher pflegt auf seine Weise das Gebiet der Wissenschaft, aber sie bearbeiten einen gleichartigen Boden mit denselben Werkzeugen und denselben Samen und sie erzielen ähnliche Ernten.

Heutzutage scheint das Schauspiel, welches uns die physikochemischen Wissenschaften darbieten, völlig ein anderes zu sein. Eine extreme Uneinigkeit ist an die Stelle der allgemeinen Einmütigkeit getreten, und zwar nicht bloß in den Einzelheiten, sondern auch in den fundamentalen Leitgedanken.

Ist es auch übertrieben, zu sagen, jeder Forscher habe seine Sondertendenzen, so muß man doch konstatieren, daß, wie die Kunst, auch die Wissenschaft und insbesondere die Physik ihre zahlreichen Schulen besitzt, mit oft auseinandergehenden, zuweilen entgegengesetzten und feindlichen Ergebnissen.

Es ist unmöglich geworden, unmittelbar einen Gesamtbegriff der physiko-chemischen Wissenschaften zu erhalten. Kann man auch nur sagen, daß diese Wissenschaften ein wohl abgegrenztes Ganzes bilden und einen allgemeinen Leitgedanken erkennen lassen?

2. Man versteht nun das, was man die Krisis in der Physik der Gegenwart genannt hat, seinem Prinzipe und seiner ganzen Tragweite nach.

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts stellte die traditionelle Physik das Postulat auf, die Physik bedürfe nur der weiteren Ausdehnung, um zu einer Metaphysik der Materie zu werden. Sie gab ihren Theorien eine ontologische Bedeutung, und diese Theorien waren insgesamt mechanistisch. Der traditionelle Mechanismus stellte demnach, über die Ergebnisse der Erfahrung hinaus, die wahrhafte Erkenntnis des physischen Alls dar. Das war nicht ein hypothetischer Ausdruck der Erfahrung, das war ein Dogma.

Die Kritiken betreffs des traditionellen Mechanismus aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entkräfteten diese ontologische Wirklichkeitsdarstellung seitens der mechanistischen Auffassung. Auf diesen Kritiken baute sich eine philosophische Betrachtung der Physik auf, welche in der Philosophie zu Ende des 19. Jahrhunderts beinahe traditionell wurde. Die Wissenschaft war nur mehr eine symbolische Formel, ein Darstellungsmittel, und da dieses Mittel je nach den Schulen variierte, so fand man bald, es wiederhole nur das, was man im vorhinein zu einem solchen gestaltet hatte. Die Wissenschaft wurde zu einem Kunstwerk für die Dilettanten, zu einer Handwerksarbeit für die Utilitaristen, eine Stellungnahme, die man wohl berechtigt war, allgemein als Negation der Möglichkeit der Wissenschaft darzustellen. Eine Wissenschaft als bloßer Kunstgriff, auf die Natur einzuwirken, als bloße utilitaristische Technik, hat, soll die Bedeutung dieses Wortes nicht verdreht werden, nicht das Recht, sich Wissenschaft zu nennen. Wer erklärt, die Wissenschaft könne nichts anderes sein, leugnet die Wissenschaft im strengen Sinne des Wortes.

Das Scheitern des traditionellen Mechanismus, oder genauer die Kritik, der er unterworfen ward, führte zu der Behauptung: die Wissenschaft selbst ist gescheitert. Aus der Unmöglichkeit,

an dem traditionellen Mechanismus rein oder überhaupt festzuhalten, schloß man: die Wissenschaft ist nicht mehr möglich. Man konnte wohl ein Ganzes empirischer Daten haben, konnte sie auch zur Entlastung des Gedächtnisses in ein System bringen, aber man besaß keine Erkenntnis der Erscheinungen, auf die sich dieses System oder diese Daten bezog.

„Die rationale Wissenschaft — der äußerste Ausdruck der diskursiven Erkenntnis — ist nur ein rein formales Schreibspiel ohne innere Bedeutung.“ [1])

3. Das Kapitel aus der Geschichte der Wissenschaften, um das es sich hier handelt, besitzt also ein hohes Interesse und eine große Bedeutung.

Ist die Physik im herkömmlichen Sinne des Wortes möglich? Können wir an die Möglichkeit einer Physik als wahrer Wissenschaft glauben? Oder müssen wir darauf verzichten? Diese Frage legte sich schon Kant im Vorwort zur „Kritik der reinen Vernunft“ vor. In dieser Periode handelte es sich darum, diese Frage in dialektischer Weise mittels einer begrifflichen Erörterung zu beantworten.

Hier handelt es sich nicht darum, sie zu beantworten, sondern sie entsprechend modernen methodologischen Tendenzen mittels einfacher Betrachtung der Tatsachen zu studieren, um zu sehen, ob sie eine Lösung einschließt, und wenn ja, welche diese ist. Nicht mittels einer begrifflichen Analyse, sondern mittels einer unparteiischen Geschichte der verschiedenen Anschauungen der Forscher soll das Problem untersucht werden.

Ist die aktuelle Krisis in der Physik ein vorübergehendes, äußerliches Ereignis in der Wissenschaftsentwicklung oder macht die Wissenschaft eine jähe Wendung und gibt endgültig den bisher betretenen Weg auf, weil der Weg einmütig und unausweichlich nicht weiter zu verfolgen ist?

Darauf wird eine Antwort zu geben sein. Man wird dann sagen können, ob die Wissenschaft tatsächlich ihren wahren, ihren traditionellen Sinn noch bewahren kann, oder ob der Ausdruck „Wissenschaft“ wirklich etwas deckt, was mit realem

---

[1]) Le Roy, Revue de métaphys. et de morale, September 1899, S. 550.

„wahren Wissen“ nichts gemein hat, ob sie nur ein praktischer Kunstgriff ist.

4. Das aktuelle Interesse dieser Untersuchung liegt auf der Hand. Ist die logische Kunst der Inbegriff der Mittel zur Bildung und Leitung des Intellekts in seinen Operationen, so muß sie trachten, vor allem eine allgemeine Geistesverfassung zu gewähren, welche den Erwerb und die normale Entwicklung der Erkenntnis oder, wenn man will, die intellektuelle Gesundheit fördert. Sie ist die Ethik des Erkennens. Nun sind die physikochemischen Wissenschaften die Bemühungen des Menschen, die sinnlich wahrnehmbare Natur, das Sinnenfällige oder, wie das Wort „physisch“ es anzeigt, dasjenige, was der gesunde Menschenverstand unter „Natur“ versteht, zu erklären. Die Bedeutsamkeit dieses Bemühens ist zu allen Zeiten bemerkt worden. Schon Epikur rechnete auf seine Physik, um den Geist von seinem blinden Trieb zum Glauben, zu Vorurteilen, zum Aberglauben, zum Mystischen, in dessen Namen sich alles behaupten läßt, zu befreien, vom Glauben, der die Fähigkeiten des Begreifens und Erkennens schwächt, verfälscht, zerstört. Und jedermann wird zugeben, daß der moderne Positivismus nichts anderes gewesen ist als der Versuch, die Methode und die allgemeine Denkweise der nach dem Muster der Physik gestalteten Wissenschaft auf alle Bezirke der menschlichen Erkenntnis ohne Ausnahme auszudehnen, so daß „positiver Geist“ und „wissenschaftlicher Geist“ durchweg synonym geworden sind.

Wenn diese Wissenschaften, welche in der Geschichte wesentlich emanzipatorisch gewirkt haben, in einer Krise untergehen, die ihnen nur die Bedeutung technisch nützlicher Sammlungen läßt, ihnen aber jeden Wert in Beziehung auf die Naturerkenntnis benimmt, so muß dies in der logischen Kunst und in der Geschichte der Ideen einen völligen Umsturz bewirken. Die Physik büßt allen Bildungswert ein, der positive Geist, den sie darstellte, ist ein gefährlicher Lügengeist. Vernunft, rationale Methode, experimentelle Methode müssen mit gutem Gewissen als wissenschaftlich völlig wertlos betrachtet werden. Es sind praktische Operationen, nicht Erkenntnismittel. Man kann sie für gewisse praktische Resultate entwickeln, aber mit dem ausdrücklichen Bemerken, daß sie nur auf diesem begrenzten Gebiet

Wert haben. Die Erkenntnis der Wirklichkeit muß mit anderen Mitteln gesucht und erworben werden. Der Geist muß gegen die gefährliche Illusion des Rationalismus und des sogenannten „wissenschaftlichen" Geistes gewappnet werden. Man muß wissen, daß man damit von der Wirklichkeit sich abkehrt, daß dann die Physik nicht die Erkenntnis, sondern die Unkenntnis der wahren Natur ist. Die Emanzipation des Geistes, wie wir sie der Physik seit Descartes verdanken, ist ein höchst verderblicher Irrtum. Sie würde noch auf der Mehrzahl der Geister mit aller Kraft lasten. Man muß einen andern Weg einschlagen und einer subjektiven Intuition, einem mystischen Wirklichkeitssinn, kurz dem Mysterium alles zurückerstatten, was man ihm entrissen zu haben glaubte.

Wenn es sich im Gegenteil zeigt, daß in der gegenwärtigen Entwicklung der Physik nichts dazu berechtigt, diese Krisis als notwendig und unheilbar anzusehen, wenn alles uns dem Glauben geneigt macht, daß das Problem der Naturerkenntnis und sodann auch der Möglichkeit der physiko-chemischen Wissenschaften in eben der Kraft, mit der es sich seit der Renaissance entwickelt hat, intakt bleibt, dann bleibt die rationale und positive Methode die oberste Erzieherin des menschlichen Geistes, natürlich auf dem ihm zugänglichen Feld. Es bleibt als die notwendige und hinreichende Bedingung der intellektuellen Gesundheit, daß wir dem Geiste eine wissenschaftliche Haltung in dem Sinne geben, wie ihn der Positivismus und die positive Physik verstanden. Die Physik ist die Schule, wo wir die Erkenntnis der Dinge lernen.

Die vorliegende Arbeit ist also nicht bloß theoretischer Art, sondern sie vermag auch gewichtigen und aktuellen Vorurteilen zu begegnen.

I. Teil.

Analyse der Theorien.

Erstes Buch.

Der traditionelle Mechanismus.

1. Kapitel.

Kurze Darstellung des traditionellen Mechanismus.

1. Vor fünfzig Jahren bildeten die großen Theorien einen integrierenden Bestandteil der experimentellen Wissenschaft, welche sie vollendeten. Die Methode der Zeit war die folgende: ausgehend von den besonderen Tatsachen der täglichen Beobachtung entdeckt man notwendige Beziehungen zwischen diesen Tatsachen, so daß die einen als die direkten Ursachen der anderen erscheinen; diese kausalen Beziehungen konstituieren die Gesetze, welche die aus der Beobachtung bekannten Grundeigenschaften erklären. Aber diese Kausalbeziehungen lassen sich ihrerseits als neue Tatsachen betrachten. Sie erklären, heißt, neue Beziehungen von größerer Allgemeinheit finden, die durch ihre Funktion die Tatsachen, von denen man ursprünglich ausging, mit entfernteren Ursachen verbinden u. s. f. Die Physik ging, wie in der klassischen Logik gewöhnlich noch gesagt wird, von Ursache zu Ursache zurück und glaubte in den Ursachen die Erklärung dsr Erscheinungen zu finden. Mehr oder weniger bewußt wurde die Ursache stets realisiert, hypostasiert; sie wurde gedacht, so mußte sie in materieller Form gedacht werden. Die physikalische Theorie war daher nichts anderes als der Inbegriff der materiellen Ursachen der Erscheinungen; sie wurde nicht

„more geometrico“, sondern „more physico“ im fast buchstäblichen Sinne interpretiert. Sie entsprach einer Realität.

Begreiflichermaßen war der Beweis für diese Korrespondenz nicht unmittelbar durch die empirische Anschauung zu erbringen. Aber der traditionelle Mechanismus hatte die Schwierigkeit in eleganter Weise beseitigt. Von empirischen Geiste erfüllt, trotz der Kühnheit der Verallgemeinerungen, bei welchen er in seinen Hypothesen nicht immer exakt vorging, wandte er sich zur Sicherung des objektiven Wertes seiner Theorien, nun aber in indirekter Weise, wieder an die Erfahrung.

Er bemüht sich, jene als klare, logische Postulate der Erfahrung hinzustellen. Auf Grund wessen? Weil die Erfahrung eine oder die andere besondere Konsequenz, die aus der Theorie korrekt abgeleitet war, bestätigte. Letztere konnte hiernach keine bloße Hypothese mehr sein, sie ward zu einer empirischen Realität.

Diese Verwechslung von physikalischer Theorie und empirischer Realität, diese ontologische Bedeutung der physikalischen Theorie, diese objektive Realisation der Hypothese ist das besondere Merkmal des traditionellen Mechanismus bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts. Wir werden sehen, es ist dies der Punkt, auf den sich die siegreichen Bemühungen der Kritik gerichtet haben, da der Mechanismus der Gegenwart ihn selbst preisgegeben hat. Für unsere Untersuchung war diese Feststellung also von wesentlicher Bedeutung. Wenn man in der gegenwärtigen Physik Schulen unterscheiden kann, wenn ferner die Philosophen ihre Zweifel oder ihre Überzeugungen auf eine Kritik der Physik stützen konnten, so war es ihnen infolge der Hypostasen des traditionellen Mechanismus möglich.

2. Dieser durch diesen Kunstgriff der physikalischen Theorie — ungeachtet dessen, daß seine Ausdehnung weit über die objektive Erfahrung hinausging — verliehene Objektivitätscharakter zog ein anderes nach sich: die physikalische Theorie ward völlig mittels bildlicher Elemente konstruiert. Denn es war natürlich, daß eine objektive Realität, welche experimentell konstatiert war oder als solche gelten konnte, sich in anschaulicher, sinnlicher, konkreter Weise vorstellen ließ. Die Theorie war demnach eine mechanische und da andererseits dieser Mechanismus offenbar nicht in

unmittelbarer Erfahrung wahrgenommen werden kann, da man ihn aus gewissen experimentellen Verifizierungen indirekt erschloß, so konnten die meisten Bestandteile und Verknüpfungen, aus welchen dieser Mechanismus sich zusammensetzte, nur verborgene, unsichtbare Bestandteile und Verknüpfungen sein, die aber doch, behauptete man, kraft der Erfahrung als real anzusehen waren.

Endlich war diese bildliche Anordnung, welche die physikalische Theorie bedeutete, kein Mechanismus im gewöhnlichen Sinne des Wortes. Sie war ein Mechanismus im streng wissenschaftlichen Sinne, weil seine Elemente und die Gesetze ihrer Anordnung die Elemente und Gesetze der rationalen Mechanik, die Elemente und Gesetze der Bewegung waren, welche als die fundamentale, allgemeine Komponente der Naturerscheinungen galt.

3. Die beiden letzten Merkmale verdienen ebenfalls unsere Aufmerksamkeit, nicht weil sie wie die ersten einen radikalen Gegensatz zwischen dem, was die Physik vor fünfzig Jahren war, und dem, was sie gegenwärtig ist oder zu sein strebt, markieren, sondern, weil sie den Punkt fixieren, an dem die Physiker der Gegenwart sich spalten. Der aktuelle Mechanismus bewahrt jene beiden Charakterzüge, wenn auch den zweiten mit Modifikationen, indem er die Anschauung, daß sie wie die vorangegangenen Theorien irgendeine ontologische Bedeutung haben, aufgibt. Die nichtmechanistischen Physiker, welche entweder den Mechanismus durch eine andere Theorie, die Energetik, ersetzen und alle bildlichen Elemente ablehnen, oder welche mit einer Art physikalischen Kritizismus keine einseitige Theorie vertreten, halten vielmehr ihre Theorien von den beiden angegebenen Merkmalen frei. Jeder von diesen abweichenden Tendenzen zufolge, welche sich nebst dem Mechanismus auf alle Physiker der Gegenwart verteilen, wollen sie entweder keine bildlichen Elemente mehr oder sie halten sie für durchaus sekundär, zufällig und unwirklich, sie wollen ferner entweder nicht mehr, daß die rationale Mechanik die Grundlage der physikochemischen Wissenschaften bilde, oder sie schreiben dieser Konstruktionsweise den Charakter des Unwillkürlichen und Unwesentlichen zu.

Der Neomechanismus hingegen hat zwar das erste Vermächtnis des traditionellen Mechanismus abgelehnt, aber die

beiden anderen angetreten, nämlich die Figuration der Theorie und die Bewegung als allgemeines Merkzeichen und Grundelement dieser Gestaltung, die Stetigkeit der mechanischen und physikalischen Welt.

Der traditionelle Mechanismus bot demnach vor etwa fünfzig Jahren eine an scharfausgeprägten Merkmalen leicht erkennbare Physik dar. Er hatte sie von all den allgemeinen Hypothesen ererbt, die seit dem 16. Jahrhundert einander gefolgt waren und die sich an drei große Zentralideen knüpften: an den Kartesianischen Kinetismus, den Atomismus von Huyghens und Bernouilli, den Dynamismus Newtons. Wie immer auch die Tendenzen der Physiker zu diesen Anschauungen waren, niemals bestritten sie die wesentlichen Merkmale, die wir darstellten. Sie grenzten das geschlossene Gebiet der inneren Kämpfe ab, welche, stets mehr oder weniger vereinzelt, die organische Einheit der allgemeinen Physik nicht zu sprengen schienen.

4. Es wäre gewiß nicht schwer, innerhalb dieser Physik mehrere divergirende Strömungen zu unterscheiden. Die Anschauung Lagranges ist nicht die von Laplace oder von Poisson; erstere unterscheidet sich von der zweiten, die unmittelbarer den Charakter der Newtonschen hat, durch die Annahme fiktiver Verbindungskräfte. Für Lagrange sind die Körper „stetige Medien, deren verschiedene für einander undurchdringliche Elemente einander wechselseitig stören", so daß die Gegenwart eines jeden Teiles die Bewegung der benachbarten Teile hemmt und sie aneinander bindet. . . . Für Poisson wie für Boscovich „sind die Körper nur scheinbar stetig, in Wirklichkeit bestehen sie aus isolierten materiellen Punkten".[1] Es kann dann nicht mehr von Verbindungskräften die Rede sein, denn jeder dieser materiellen Punkte ist isoliert und unabhängig; aber er wirkt auf die Nachbarpunkte mittels wirklicher Kräfte, der molekularen Prozesse. Nach der mehr geometrischen Weise Lagranges „sind die untersuchten Systeme nicht bloß äußeren Kräften oder wechselseitigen Anziehungen, welche von der universellen Schwere abhängen, unterworfen, sondern auch Ver-

[1] Duhem, L'évolution de la mécanique (Revue générale des Sciences), 1903, S. 128.

bindungen";[1]) nach der anderen, mit objektiveren und physischeren Ansprüchen auf die wirklichen, von der anderen berücksichtigen Kräfte, „muß man die molekularen Prozesse hinzunehmen, die in jedem Paar von Punkten vor sich gehen" [2]) und welche die fiktiven Zusammenhangskräfte ersetzen. Aber „wir müssen wohl beachten, daß diese beiden Systeme der Mechanik für jeden, der ihre Konsequenzen nicht berücksichtigt, äquivalent sind." [3]) Die Anschauung Poissons brachte seiner Meinung nach die innere Natur der Dinge nur genauer zum Ausdruck.

Diese beiden Denkweisen bedienten sich neben der Gestalt und Bewegung der Begriffe der Masse und der Kraft. Der Kraftbegriff aber war einer großen Anzahl von Denkern als eine uneingestandene Rückkehr zur Metaphysik, zur qualitas occulta der Scholastik, zuwider. So zogen sie es vor, die Traditionen der Kartesianischen oder der atomistischen Physik fortzusetzen, indem sie den Kraftbegriff durch den Begriff der Bewegung und des Stoßes ersetzten, namentlich nach der Entdeckung der Äquivalenz zwischen Wärmemenge und Größe der mechanischen Arbeit (kinetische Gastheorie, mechanische Wärmetheorie, Maxwells elektro-optische Theorien).

Aber auch da, wo man gewisse Mechanismen sich ersinnt, deren Bewegungen Gesetzen unterliegen, welche denen der Naturvorgänge analog sind, oder sich darauf beschränkt, ohne diese Mechanismen näher zu bestimmen, für diese Erscheinungen nach Formeln, welche denen der Mechanik analog sind, zu suchen, stimmen die Konsequenzen mit der Dynamik Lagranges überein: „Können die Formeln, mit denen man es zu tun hat, die von Lagrange den dynamischen Gleichungen gegebene Form erhalten, so wird sich alles aufs beste gestalten. Den Größen, welche das der Erfahrung unterstehende physische System bestimmen, wird man die Veränderlichen und die Geschwindigkeiten, welche die Gestalt und Bewegung eines mechanischen Systems fixieren, korrespondieren lassen können, so daß die Gesetze, welche die Umformungen beider Systeme beherrschen, in denselben Gleichungen zum Ausdruck kommen. Das Trieb-

[1]) Duhem, a. a. O. S. 129.
[2]) A. a. O. 254.
[3]) A. a. O. S. 254.

werk des mechanischen Systems wird dann die Eigenschaften des physischen Systems erklären." „Wenn übrigens die Formeln, in welchen wir die Gesetze der experimentell untersuchten Erscheinungen verdichten, sich nicht in die von Lagrange hergestellte Form gießen lassen, so wird die analytische Methode deshalb noch nicht unwirksam; um diese Formeln den dynamischen Gleichungen anzupassen, wird sie voraussetzen, daß das System unsichtbare Massen und verborgene Bewegungen einschließt; und da übrigens nichts da ist, was die Natur, die Anzahl, die Komplikation dieser Massen und Bewegungen bestimmt und begrenzt, so kann wohl keine Art von Formeln als auf die dynamischen Gleichungen unzurückführbar gelten. Welche auch diese Formeln sein mögen, wir können stets hoffen, daß sie sich stets auf die Gesetze der Mechanik zurückführen lassen werden, sei es in exakter Weise, sei es in beliebiger Annäherung." [1])

5. Wir können also, wenn wir die klassische Physik bis zur Gegenwart wenigstens grob und beiläufig charakterisieren, sagen, daß sie das Bestreben aufweist, eine Erweiterung der analytischen Mechanik Lagranges zu sein. Die Physik war durch die Tradition dazu bestimmt, von dieser Mechanik auszugehen und die Abstraktionen, welche dieselbe einschließt, zunächst vorauszusetzen. Es handelte sich wesentlich darum, eine Theorie der Naturvorgänge zu bieten, indem möglichst vermieden wurde, neue Elemente neben den Elementen einzuführen, welche als die einfachsten und klarsten Elemente galten, zu denen wir bei der Betrachtung der physischen Natur kommen. Die rationale Mechanik stellte demnach die notwendigen und zureichenden Bedingungen der physikalischen Erklärung auf. So müssen wir denn deren allgemeinste Gesichtspunkte, wie sie gewöhnlich vorgebracht wurden, zusammenfassen. Hier erweist sich Comte als guter Geleitsmann.

a) Comte hatte bemerkt, der Name „Mechanik" passe ganz und gar nicht zur Bezeichnung seines Gegenstandes. Er erklärt: „Die deutschen Philosophen, welche Kant folgen, haben, um diese Unzuträglichkeit zu vermeiden, den mehr philosophischen Ausdruck ‚Phoronomie' eingeführt, der in dem Lehr-

---

[1]) Duhem, Revue générale des Sciences, 1903, S. 254.

buch von Hermann gebraucht wird, und dessen allgemeine Annahme sehr zu wünschen wäre." [1])

Der Ausdruck „Phoronomie" bezeichnet sehr klar, womit die klassische Mechanik sich befaßt: mit den Gesetzen, welche die Ortsveränderungen, den Lagenwechsel im Raume und nur diese, die Bewegung im herkömmlichen Sinne beherrschen. Diese Gesetze sind in der Tat das einzige Objekt der Mechanik, welche jede andere Veränderungsart vernachlässigt; daher ihre merkwürdige Einfachheit, daher auch, nach ihren Kritikern, ihre Unzulänglichkeit. Sie „beschränkt sich darauf, die Bewegung an sich zu betrachten, ohne danach zu forschen, auf welche Weise sie bestimmt worden ist. So sind in der Mechanik die Kräfte nichts anderes als die erzeugten oder in Erzeugung begriffenen Bewegungen." [2])

Die Körper werden als passiv betrachtet, d. h. als unfähig, von selbst ihren Bewegungs- oder Ruhezustand zu ändern. Diese Voraussetzung läßt sich bequem machen, denn wir dürfen nicht vergessen, daß die Bewegungen bloß an sich, ohne Rücksicht auf die Modalitäten ihrer wirklichen Erzeugung betrachtet werden. „Daraus ergibt sich offenbar, um mich der üblichen Ausdrucksweise anzupassen, die Fähigkeit, beliebig jede Kraft durch eine andere von irgendwelcher Beschaffenheit zu ersetzen, wenn diese nur dem Körper genau dieselbe Bewegung mitzuteilen vermag. Wir begreifen hiernach leicht, daß man von den verschiedenen Kräften, welche den Körpern wirklich inhärieren, abstrahieren und diese als bloß durch äußere Kräfte bewegt ansehen kann, da man ja jenen inneren Kräften mechanisch äquivalente äußere Kräfte substituieren kann." [3])

b) Dies vorausgesetzt, sind es drei Prinzipien, welche die allgemeinsten Beziehungen zwischen den so aufgefaßten Körpern und den auf sie einwirkenden Kräften, d. h. den Bewegungen, die sie aufzunehmen vermögen, regeln: 1. das Trägheitsgesetz: „Jeder Körper, welcher der Einwirkung einer einzigen Kraft unterliegt, die instantan auf ihn wirkt, bewegt sich konstant in gerader Richtung und mit gleichförmiger Geschwindigkeit;"

[1]) Cours de philos. positive I, S. 445.
[2]) Comte, a. a. O. I, 445.
[3]) A. a. O. I. 451.

2. das Gesetz der konstanten und notwendigen Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung: „Wann immer ein Körper irgendwie durch einen andern bewegt wird, übt er auf ihn in umgekehrter Richtung eine solche Gegenwirkung aus, daß der zweite im Verhältnis zu den Massen eine ebenso große Bewegungsmenge einbüßt als der erste empfangen hat;" 3. das Gesetz der Unabhängigkeit gleichzeitiger Bewegungen voneinander: „Die Gesamtbewegung eines Systems beeinträchtigt nicht die relativen Bewegungen seiner Teile."

Auf diese drei Prinzipien gestützt, wird das Grundproblem, auf welches alle möglichen mechanischen Probleme hinauslaufen, darin bestehen, „die Wirkung zu bestimmen, welche irgendwelche gleichzeitig tätige Kräfte an einem bestimmten Körper hervorbringen werden, wenn man die einfache Bewegung kennt, welche aus der isolierten Aktion einer jeden von ihnen resultieren würde; oder, wenn man die Frage umkehrt, die einfachen Bewegungen zu bestimmen, deren Kombination eine bekannte angenommene Bewegung erzielen würde." [1])

Die Arbeit dieser Kräfte kann entweder den Körper zur Ruhe bringen, ihn im Gleichgewicht erhalten, oder ihn in Bewegung setzen. Das Grundproblem gliederte sich hiernach in zwei sekundäre Grundfragen: das statische und das dynamische Problem.

Mittels des von d'Alembert entdeckten dynamischen Grundprinzips läßt sich jede Untersuchung der Bewegung eines Körpers oder Körpersystems unmittelbar in ein Gleichgewichtsproblem verwandeln. „Wenn infolge der durch ihre Verbindung bedingten Reaktionen verschiedener Körper aufeinander jeder von ihnen eine andere Bewegung annimmt als jene, welche ihm die ihn erregenden Kräfte verliehen hätten, wenn er frei gewesen wäre, so kann man sich augenscheinlich die natürliche Bewegung in zwei zerlegt denken, deren eine jene ist, welche wirklich stattfinden wird, deren andere also aufgehoben worden ist. Das Prinzip d'Alemberts besteht eben darin, daß alle Bewegungen der letzten Art oder, anders ausgedrückt, die durch die verschiedenen Körper des Systems bei ihrer Reaktion ge-

[1]) Comte, a. a. O. I, 446.

wonnenen oder verlorenen Bewegungen notwendig einander das Gleichgewicht halten, wenn man die, das gedachte System charakterisierenden Verbindungsverhältnisse berücksichtigt." [1])

„Die an die Statik verwiesene Dynamik, das Ganze der Wissenschaft konnte einen fürderhin unwiderruflichen Einheitscharakter annehmen," erklärte Comte, der die hier historisch behandelten Kritiken noch nicht voraussah. „Solcherart ist," fährt er fort, „die eminent philosophische Umwälzung, welche Lagrange in seinem bewundernswerten ‚Traité de Mécanique analytique' vorgenommen hat, dessen Grundidee allen künftigen Arbeiten der Mathematiker über die Gesetze des Gleichgewichtes und der Bewegung zur Basis dienen wird." Man finde für die Statik ein ebenso umfassendes Prinzip wie es für die Dynamik das von d'Alembert ist, und man hat eine wunderbar zusammenhängende und einfache Mechanik, als Ausgangspunkt aller Forschungen über die materielle Welt.

„Als Lagrange die Untersuchungen der älteren Mathematiker über die Eigenschaften des Gleichgewichts prüfte, um daraus ein direktes Prinzip der Statik zu schöpfen, welches alle notwendige Allgemeinheit darbieten konnte, wählte er schließlich das ‚Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten', welches in der Folge durch den umfassenden und richtigen Gebrauch, den er davon macht, so berühmt geworden ist." [2])

Die virtuellen Verschiebungen eines Systems sind alle die unendlich kleinen Verschiebungen, die man in Gedanken diesem System anfolgen kann, wenn sie nur mit der Beschaffenheit des betreffenden Systems vereinbar sind, wobei diese Beschaffenheit durch die Verbindungsgleichungen bestimmt wird, welche die Unmöglichkeiten der durch sie bedingten Verschiebung zum Ausdruck bringen.

Nennt man virtuelles „Moment" das Produkt jeder Kraft mit ihrer virtuellen Geschwindigkeit, d. h. mit dem Raume, den ihr Angriffspunkt in der ihr eigenen Richtung durchlaufen würde, wenn man voraussetzte, daß das System sich in unendlich kleinem Grade verschiebe, so bedarf und genügt es zum Gleich-

[1]) Comte, a. a. O. I, 556.
[2]) A. a. O. I, 492.

gewicht, daß die algebraische Summe der virtuellen Momente aller auf das System einwirkenden Kräfte Null beträgt.[1])

Dieses Prinzip ist, wie Comte bemerkt, „durch seine Natur offenbar ebenso auf die flüssigen wie auf die festen Körper anwendbar."

Wir brauchen daher nur die Verbindungsgleichungen zu modifizieren und in die Systemkräfte eine neue Kraft, den auf jedes Molekül ausgeübten Druck, einzubeziehen. Die Hydrostatik wird so auch zu einem Kapitel der Statik der festen Körper. Man läßt für die tropfbar flüssigen Körper die Bedingung der Undeformirbarkeit weg und bringt den Umstand zum Ausdruck, daß das Volumen unveränderlich ist (Unzusammendrückbarkeit); für die gasförmigen Körper läßt man diese zweite Bedingung weg und bringt jene zum Ausdruck, welche die Volumina der Flüssigkeiten als Funktion des Druckes beherrscht (Mariottesches Gesetz).

„Diese Anschauung wird um so philosophischer erscheinen, als sich in der so behandelten Statik eine Reihe von Fällen finden, welche gewissermaßen das Mittelglied zwischen festen und flüssigen Körpern bilden, wenn man die Probleme ins Auge faßt, welche sich auf die festen Körper beziehen, die nach bestimmten Gesetzen ihre Form bis zu einem gewissen Grade zu verändern vermögen, d. h. wenn man die Biegsamkeit und Elastizität berücksichtigt, wodurch in analytischer Hinsicht sich eine natürliche Kette ergibt, vermöge welcher wir durch eine fast unendliche Folge von Forschungen von den Systemen mit streng konstanter Form zu jenen mit ungemein veränderlicher Form übergehen." [2])

Aus dieser homogenen, lückenlosen Statik und Dynamik deduziert man leicht das Prinzip der Erhaltung der Bewegung

---

[1]) „Bezeichnen wir mit P, P′, P″ die gegebenen Kräfte und, der bei Lagrange üblichen Zeichengebung folgend, mit Pr, Pr′, Pr″ usw. die entsprechenden Geschwindigkeiten, so erhält das Prinzip seinen unmittelbaren Ausdruck in der Gleichung

$$Pdr + P'dr + P''dr = O, \text{ oder kürzer: } Pdr = O,$$

in welcher die ganze rationale Mechanik als einbeschlossen gelten kann" (Comte, a. a. O. S. 495).

[2]) Comte, a. a. O. I, 527.

des Schwerpunktes. Die allgemeinen Gleichungen für die Bewegungsübertragung fallen mit jenen zusammen, welche die isolierte Bewegung des Schwerpunktes geliefert hätte, wenn wir dorthin die Gesamtmasse des Systems und alle Kräfte, welche darauf wirken, versetzen und wenn das System keinen festen Punkt aufweist; das ist die Theorie der Zentralkräfte, welche die ganze Dynamik so sehr vereinfachen. Das Theorem der Erhaltung der lebenden Kräfte wird endlich zu einem natürlichen Korollar der allgemeinen Formel der Dynamik.

Der traditionelle Mechanismus hat nur mittelst der Formeln dieser, sei es in rein Newtonscher, sei es in atomistischer Form aufgefaßten Mechanik — denn die Gleichungen bleiben die gleichen — ein System des physischen Universums konstruiert, welches betreffs aller physiko-chemischen Gesetze Rechenschaft gibt.

Er bestimmt zunächst die Konstitution der Materie. Die Materie erscheint uns in drei Zuständen: dem festen, dem flüssigen, dem gasförmigen. Der für die Beobachtung und das Experiment einfachste Zustand, dessen Gesetze am genauesten und vollständigsten bekannt sind, weil sie gering an der Zahl sind, ist der gasförmige Aggregatszustand. Man wird also bei der Bestimmung der Konstitution der Materie von diesem Zustande ausgehen. Eine einfache Komplikation der Bedingungen wird es gestatten, daß wir uns den flüssigen und den festen Zustand mit denselben Elementen vorstellen. Wir dürfen uns qualitativ homogene und identische Elemente denken, denn jeder qualitative Unterschied würde besondere Faktoren einführen, welche auf die Gesetze der Mechanik nicht zurückzuführen sind. Diese Elemente müssen formbeständig, undurchdringlich, vollkommen elastisch sein, denn jede Formänderung, jede Durchdringung, jeder Verlust oder Gewinn an lebendiger Kraft können nach der von uns dargelegten Mechanik nur scheinbare Resultate sein; in Wahrheit findet nur ein Lagenwechsel der Urelemente statt. Anders denken, hieße, ursprüngliche, spezifische Qualitäten der Materie einführen und ihnen eine notwendige Rolle neben den Gesetzen der Mechanik zuweisen. Die Elemente der Materie können also nur durch ihre Lage sich voneinander unterscheiden, d. h. durch die Bewegungs-

richtung, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung, und diese Unterschiede sind überdies nicht von der inneren Beschaffenheit der Elemente, sondern von den äußeren Einflüssen abhängig, welche die übrigen Elemente auf jene ausüben (entweder durch Stoß, oder durch den Druck einer vollkommen elastischen Umgebung, oder durch Anziehungs- und Repulsionskräfte, je nachdem man die atomistische die Kartesianische oder die Newtonsche Hypothese akzeptiert). Kurz, eine unveränderliche Menge lebendiger Kraft und eine bestimmte Menge Triebkräfte (Angriffspunkte der Kräfte), die keine anderen Qualitäten haben als die, Träger der Bewegung der bewegten Körper zu sein und die keine andere Umformung erleiden als unter äußeren Einflüssen bezüglich der Richtung und Geschwindigkeit dieser Bewegungen — darauf war das Bild der Materie zurückzuführen. Die einzigen Gesetze, denen diese Materie unterliegt, sind dann die der Mechanik. Nun ist diese Konstitution der Materie eben die, welche uns die kinetische Gastheorie von Bernouilli und Clausius darbietet.

„Denken wir uns ein vertikales zylindrisches Gefäß, dessen obere Öffnung mittelst eines Kolbens, der durch ein Gewicht belastet ist, verschlossen ist. Wir füllen das Gefäß mit einer Masse sehr kleiner, nach allen Richtungen sich bewegender Korpuskeln; dieselben werden den Kolben wiederholt treffen und ihn am Niedergehen hindern. Vergrößert man das den Kolben belastende Gewicht, so wird er soweit sinken, bis die in einem kleinen Raume zusammengedrängten Körperchen durch ihre häufiger gewordenen Stöße ihn aufhalten können. Wir haben hier einen Mechanismus vor uns, der uns die deutlichsten Merkmale eines elastischen Fluidums darbietet; könnte er uns nicht dessen Eigenschaften näher erklären?" „Angenommen, die Gaspartikeln seien vollkommen elastische Bälle, die sich alle mit gleicher Geschwindigkeit bewegen; denken wir sie uns ferner so klein, daß das von ihnen eingenommene Volumen im Vergleiche mit dem Volumen, in dem sie sich bewegen, vernachlässigt werden darf, wenigstens wenn die Luft den gewöhnlichen atmosphärischen Zustand aufweist; nehmen wir endlich an, daß in zwei Fällen, wo diese Luft gleich warm ist, diese Partikeln sich gleich schnell bewegen. Dann finden wir leicht, daß in verschiedenen

Mengen von gleich warmer Luft der Druck der Dichte proportional ist, entsprechend den Beobachtungen von Boyle, Townley, Mariotte. Indessen würde dieses Gesetz zweifellos für sehr verdichtete Luft nicht mehr exakt gelten, denn das von den Molekülen eingenommene Volumen käme im Vergleich mit dem sichtbaren Volumen der Gasmenge in Betracht." „Bringt man eine Gasmenge von einem gewissen Wärmegrade auf einen ebenso bestimmten andern Wärmegrad, so geht die Geschwindigkeit der molekularen Bewegung von einem gewissen Grade zu einem andern über; bei gleicher Dichte ist die Druckzunahme der Zunahme des Quadrates der Geschwindigkeit proportional. Man findet so den Satz, den Amontons seit 1702 auf experimentellem Wege entdeckt hatte: In verschiedenen gleich warmen, aber verschieden dichten Luftmengen verhalten sich die Elastizitäten wie die Dichten zueinander. Die Zunahmen der Elastizität infolge einer bestimmten Wärmezunahme sind den Dichten proportional." „Kennen wir die Werte, welche den durch dieselbe, den gleichen Raum erfüllende, Luftmasse unter verschiedenen Umständen geäußerte Elastizitäten proportional sind, dann können wir leicht den Wärmegrad dieser Luft messen, wofern wir nur eine konventionelle Definition eines doppelten, dreifachen usw. Wärmegrades akzeptieren, eine Definition, welche künstlich und keineswegs durch die Natur der Dinge aufgenötigt ist. Man kann, wie mir scheint, als Maß des Wärmegrades die Elastizität einer Luftmenge nehmen, deren Dichte der normalen stets gleich ist." [1])

Die kinetische Gastheorie (welche sich sowohl mit den Kartesianischen als mit den Newtonschen Anschauungen, z. B. mit denen Boscovichs vereinbaren läßt, wie dies in der zweiten Abhandlung von Clausius der Fall ist), gibt uns also das Mittel an die Hand, einer ausschließlich auf die Mechanik gegründeten Hydrostatik, Hydrodynamik und Barologie eine ebenfalls ausschließlich auf die Mechanik gegründete Wärmelehre hinzuzufügen. Diese Wärmelehre setzt nichts anderes voraus als die Elemente, Prinzipien und Grundtheorien der klassischen Mechanik.

---

[1]) Duhem, Revue générale des Sciences, 1903, S. 171 f.

d) So entsteht also die mechanische Wärmelehre. Sie war von Descartes formuliert, während des ganzen 17. Jahrhunderts und des größten Teiles des 18. Jahrhunderts akzeptiert worden, aber Klarheit und Fülle erhielt sie erst nach der Entdeckung des Prinzips der Aquivalenz von Wärme und Arbeit: Helmholtz (1847) und Clausius (1850) formulierten sie in präziser Weise. Die Wärme ist hiernach die lebendige Kraft, welche aus den unwahrnehmbaren Bewegungen der Moleküle eines Körpers entspringt, sie ist die Summe des Produktes der Masse jedes Moleküls mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit.

Den mechanischen Prinzipien war ebenso die Emissions- wie die Vibrationstheorie des Lichtes, wie auch die Wellentheorie des Schalles konform. Bei Coulomb, Ampère, Faraday strebten die Theorien der Elektrizität und des Magnetismus, obzwar sie vager und weniger fest begründet sind, mit wachsendem Erfolge in den Chor der traditionellen Physik einzutreten, indem sie entweder imponderable Fluida — ihre Ströme — und von ihnen erfüllte Massen annahmen, oder indem sie die elektrischen Vorgänge aus Einflüssen der Umgebung erklärten und die große Systembildung bei Maxwell und Hertz vorbereiteten.

Zur Erschöpfung des physiko-chemischen Gebietes blieb noch die mechanische Deutung der chemischen Modifikationen übrig. Diese unternahm die Theorie der Atomgewichte in klarer Weise. Jedermann weiß, daß die qualitativen Unterschiede in der Molekularstruktur dargestellt werden und die qualitativen Unterschiede der Verbindungen können als auf sie zurückführbar gedacht werden.

Die Substitutionsprozesse lassen sich so erklären: „Jedes Atom hat eine oder mehrere Valenzen; die Valenz ist dasjenige, wodurch sich ein Atom mit dem anderen verketten kann, oder es muß vielmehr, damit sich zwei Atome miteinander verbinden, eine gewisse Zahl von Valenzen des ersten mit einer gleichen Anzahl von Valenzen des zweiten sich verbinden.“[1]) Durch die materielle Form des Atoms können wir also die Kombinationen, in die es eingehen kann, erklären. „Später schreibt man der

[1]) Duhem, Le Mixte, S. 147.

Atomgestalt auch das Rotierungsvermögen zu, wenn man die Stereochemie auf Grund der Atomtheorie interpretieren will; man betrachtet das Kohlenstoffatom als tetraedrisch oder wenigstens als mit denselben Symmetrieelementen wie das Tetraeder ausgestattet."[1]) Die Stereochemie setzt, wenn auch unter einem anderen Gesichtspunkt, das Werk des traditionellen Mechanismus in der Chemie fort. Und wenn sie auch nicht ihren Verfechtern als eine Erklärung, sondern als eine symbolische Veranschaulichung gilt, so bemerken wir doch die Bedeutung, die sie annehmen könnte, wenn man sie realistisch deutete; es hat dies den Vorteil, daß dadurch die Stellung des traditionellen Mechanismus vor etwa fünfzig Jahren gegenüber den gegenwärtigen Anschauungen scharf zur Abhebung gelangt.

6. Um den Ausgang der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ist also der Charakter der Physik klar ausgeprägt. Man glaubt, sie sei nunmehr auf unerschütterliche Grundlagen basiert, und ich habe mich der Anschauungen Comtes bedient, weil seine relativistische Philosophie und seine Furcht vor allzu kühnen Hypothesen auf physikalischem Gebiete die außerordentliche Verbreitung dieser Anschauung dartut. Wir wissen andererseits, daß Comte, obzwar sein Kenntnismangel betreffs der zeitgenössischen Wissenschaftswandlungen vielleicht zu sehr übertrieben wird, in seinem „Cursus der positiven Philosophie" vor allem die traditionelle, in der wissenschaftlichen Welt geläufige Durchschnittsanschauung zusammenfaßt.[2])

Eine definitive Mechanik: die analytische Mechanik Lagranges, eine durchweg auf dieser Mechanik begründete Physik — das ist, kurz gesagt, die Anschauung, von der man glaubt, sie lasse sich auf naturwissenschaftlichem Gebiete nur noch sub specie aeterni betrachten. Diese Meinung war durch analoge Überzeugungen bezüglich der Kartesianischen und der Newtonschen Physik (welche Kant ständig als die Physik betrachtet, ebenso wie die Euklidische Geometrie die Geometrie ist) vorbereitet worden. Denn die Physik des traditionellen Mechanismus war die Vollendung und Resultante der Ent-

---

[1]) A. a. O. S. 148.

[2]) Vgl. darüber A. Tannery, Aug. Comte, historien des sciences, 1905.

wicklung der Physik innerhalb der zwei verflossenen Jahrhunderte.

Ein Fortschritt hatte stattgefundèn, es schien keine Lücke zu existieren. Die Physiker sammelten und verdichteten alle Ergebnisse ihrer Vorgänger in einem einfachen, eleganten, harmonischen Werke. Es bildete die logische Fortsetzung aller seit Galilei, ja seit Archimedes unternommenen Arbeiten: es verknüpft sogar durch die rationale Mechanik und Kinematik hindurch mit der schönen Ordnung der Geometrie. Nichts schien diese seit Jahrhunderten in gleicher Richtung gleichförmig beschleunigte Bewegung hemmen zu müssen. Die Wissenschaft hatte die einzige mögliche Erklärung der Naturphänomene gefunden, und zwar eine Erklärung im vollen Sinne des Wortes. Die Mechanik setzte Elemente, die materiellen Punkte, und Prinzipien voraus, welche fundamentale Relationen zwischen diesen Elementen herstellen. Indem die Physik diesen Massen und Verbindungen eine konkrete Gestalt gab und sie gewissermaßen realisierte, konstruierte sie das Universum, wie der Mathematiker die Figur nach der ihr von ihm gegebenen Definition konstruiert oder besser noch, wie der Architekt ein reales Gebäude mit realen Materialen und mit realem Mörtel baut. Der Physiker erfaßte die materiellen Elemente, die Ursachen und deren Wirkungsweise, die Gesetze derselben. Die Natur war das komplexe Resultat der Wechselwirkungen dieser sehr einfachen Elemente nach sehr einfachen Gesetzen. Die Unvollkommenheit der Wissenschaft ließ wohl einige Schwankungen zu, aber niemand bezweifelte, daß dieses Schwanken immer mehr verschwinden würde.

Das menschliche Denken sollte bald einer kristallhellen Natur gegenüberstehen.

---

2. Kapitel.

Die Anlässe zur Kritik und Reform des traditionellen Mechanismus.

1. Zur Zeit, da die Physik ihren definitiven Stand erreicht zu haben schien, verrückten neue Entdeckungen ihr Gleichgewicht, welche zur klassischen Mechanik sehr wenig zu passen und eine neue Stellung zu erlauben schienen, in welcher das Gleichgewicht gesicherter sein würde. Diese neuen Entdeckungen waren das Gesetz der mechanischen Wärmeäquivalenz, welches auf Grund der Experimente von Joule und R. Mayer (1847), und das Carnotsche Gesetz (1824), welches seiner ganzen Tragweite und Allgemeinheit nach von Clausius formuliert ward.

a) Das Gesetz der mechanischen Äquivalenz der Wärme schien auf den ersten Anblick ein neues Argument zur Stütze der mechanischen Wärmelehre zu erbringen, denn es gestattete in der Form der Äquivalenz, welche es zwischen den Mengen der mechanischen Arbeit und denen der Wärme herstellte, auf eine Identität von Bewegung und Wärme zu schließen: die Wärme konnte keinen andern Faktor als die Bewegung haben, als logische Kontinuation der sie erzeugenden Bewegung, aber unserem groben Gesichtssinne nicht so wie diese zugänglich. In der Tat nahmen die meisten Physiker diese Theorie an. Es ist aber leicht zu bemerken, daß, war einmal eine einfache mathematische Formel aufgestellt, welche die Umwandlungen mechanischer in thermische Energie in stets notwendiger und gleicher Weise darzustellen vermochte, gewisse Geister von mathematischem Schlage, die sich leicht in den abstrakten Begriffen bewegen, konkreten Bildern aber widerstreben, die Hypothese eines solchen Bildes für unnütz erklären mußten. Wozu unsichtbare Bewegungen, verborgene Massen, willkürliche Ver-

bindungen suchen, wenn die mathematische Formel allen Bedürfnissen der Wissenschaft genügt?

Als vermöge einer sich aufdrängenden Generalisation das empirische Äquivalenzgesetz zu einem allgemeinen Prinzip der Äquivalenz aller Energieformen, d. h. zum Prinzip der Erhaltung der Energie wurde, mußte diese Tendenz, vom traditionellen Mechanismus abzuweichen, nur noch zunehmen. Wozu sollte man diese so klare Formel durch komplizierte Konstruktionen verdoppeln und sich alle Energiearten als mechanische Energie, d. h. als einen Inbegriff von Lagen und Anfangsgeschwindigkeiten denken? Bespickten nicht gewisse Energieformen, wie die elektrische, die Wege, welche man zur Herstellung dieser Beziehungen herstellte, mit Schwierigkeiten? Warum wollte man ein Gesetz, welches als allgemeingültig erschien, auf die besondere Form eines speziellen Falles zurückführen und warum wollte man sich darauf versteifen, die ganze Physik aus diesem Sonderfall zu deduzieren, da man doch eine allgemeine Formel besaß, aus der man im Gegenteil diesen Sonderfall sehr bequem abzuleiten vermochte?

Manche fanden es daher für einfacher, bei der Begründung der Physik auf die klassische Mechanik zu verzichten und diese selbst als einen Seitenflügel des Gebäudes, als die Besonderung eines umfassenderen Systems zu betrachten, und zwar als eine Besonderung, welche sich auf die Betrachtung der Energie der Lage und der Bewegung beschränkte. Das Gesamtgebäude würde harmonischer, einfacher, logischer, begreiflicher sein, es würde sich auf den Begriff der Energie im allgemeinsten Sinne des Wortes und auf die beiden großen energetischen Prinzipien gründen. So kam die energetische Theorie im Gegensatz zum traditionellen Mechanismus zur Ausbildung.

b) Die Energetik mußte aus einem andern Grunde einen neuen Impuls erhalten; dieser Grund ist weniger allgemeiner Art als der erste. Der letztere wurzelt, im Ganzen genommen, in einer mathematischen, abstrakten Geistesverfassung, welche die ihr sich wunderbar darbietenden Entdeckungen in der Richtung ihrer Tendenzen und Abneigungen zu verwerten suchte. Jener hingegen beruht unmittelbar auf einem Bedürfnis der Physik, welches der traditionelle Mechanismus, namentlich in

seinen Anfängen und trotz seiner Bemühungen, nicht hinreichend zu befriedigen vermochte; es handelt sich um die erheblichen Schwierigkeiten, in welche sich der traditionelle Mechanismus (— der durch die späteren Vertreter des Mechanismus seitdem modifiziert worden ist —) verstrickt sah, als er das Carnot-Clausiussche Prinzip interpretieren sollte. Das Prinzip würde hier, um in seiner ganzen Bestimmtheit und Strenge begründet zu werden, einen zu langen Exkurs in die reine Physik bedingen. Mittels Analogien der Erfahrung kann man dessen Sinn grob darlegen; übrigens wurde es in der hier genannten Epoche nicht viel anders dargestellt. Carnot war von der Idee der Unmöglichkeit der unaufhörlichen Bewegung ausgegangen, und er hatte sie auf die Wärme angewandt. Jede Wärmemaschine kann mit einer hydraulischen Maschine verglichen werden. Eine solche kann nur dann Arbeit verrichten, wenn eine Differenz zwischen dem Niveau der Flüssigkeit vor dem Verbrauch im Motor und dem Niveau nach dem Verbrauch besteht. Letzteres muß niedriger sein, es bedarf eines Gefälles. Ebenso muß, soll eine Wärmemaschine Arbeit leisten, ein Niveauunterschied zwischen der Temperatur der Wärmequelle (Niveau vor dem Verbrauch) und der des Kondensators (Niveau nach dem Verbrauch) bestehen; es bedarf eines Temperaturgefälles.

Verfügt man also nicht über eine äußere Kraft und betrachtet man ein System als geschlossen und begrenzt, so kommt ein Zeitpunkt, wo das System unmöglich Arbeit leisten kann, denn es befindet sich in vollkommen stabilem Gleichgewicht, da das ganze Wasser, welches zur Verfügung stand, das niedrigste Niveau hat, wenn es ein hydraulisches System ist, oder da alle Teile dieselbe Temperatur haben, wenn es ein thermisches System ist. Daraus ergeben sich die Formeln für das Carnotsche Prinzip:

a) Wärme läßt sich von einem kälteren nicht auf einen wärmeren Körper überleiten (— ebensowenig wie man das Wasser aufwärts fließen lassen kann —), ohne eine äußere Arbeit zu leisten.

b) Jedes endliche System bewegt sich einem thermischen Gleichgewichtszustand, wo es nicht mehr umsetzbar (absolut 0) ist, zu.

c) Die Transformationsgröße einer Modifikation ist gleich der Abnahme, welche eine bestimmte Größe durch diese Modifikation erleidet, eine Größe, welche an alle Eigenschaften, die den Zustand des Systems festlegen, gebunden, aber unabhängig von dessen Bewegung ist, indem jene Größe die Entropie des Systems ist und die beständige Tendenz hat, in einem geschlossenen, isolierten System für alle erhaltenen Umsetzungen zu wachsen.

Ist nun alles auf die Prinzipien der klassischen Mechanik zurückzuführen, so scheint es, als ob man von diesem zunehmenden Kraftverbrauch, von dieser Abnahme nutzbarer Energie, von diesem sich ständig und ohne Aussicht auf Rückerstattung sich verwirklichenden Gleichgewicht keine Rechenschaft geben könne. Die Natur muß gewissermaßen umkehren und unaufhörlich denselben Transformationszyklus erneuern können. Wir können nur statistische, scheinbare Gleichgewichtslagen vor uns haben.

Auf dem physikalischen Kongreß des Jahres 1900 hat Lippmann einige weitere Schwierigkeiten experimenteller Art verzeichnet, welches der Carnotsche Satz dem Mechanismus bereitet, und er hat daher die Ablehnung jedweder mechanischer Deutung des Satzes vorgeschlagen. Konsequente Mechanisten hingegen haben die Ablehnung dieses Satzes vorgezogen, aber die Physik kann, will sie noch eine empirische Wissenschaft sein, nicht im Namen einer theoretischen Anschauung eine notwendige Deduktion aus Erfahrungsdaten preisgeben. Maxwell, Helmholtz, Gibbs und viele andere haben sich mit dem schwierigen Problem abgemüht, diesem Gesetz eine mechanische Gestaltung zu geben. Und doch bestreiten noch die meisten zeitgenössischen Physiker, daß dieses Problem vom Standpunkt des traditionellen Mechanismus befriedigend gelöst worden sei. Diese Diskussionen zeigen deutlich die Schwierigkeiten, welchen jener begegnete. Man steht somit vor einem großen Hindernis, in einer völlig empirisch fundierten Wissenschaft und für eine Theorie, welche die Natur in realistischer, d. h. erfahrungsgemäßer Weise zu erklären vorgibt. Man versteht die in den klassischen Bau geschlagene Bresche und daß sogleich die Versuchung erstand, ihn zu erneuern und ihn einer etwaigen Kritik in allen seinen Teilen zu unterwerfen.

Das Ergebnis davon war, daß die zweite Hälfte des 19. Jahr-

hunderts und der Beginn des gegenwärtigen in der Tat teils einer minutiösen Kritik, teils einer Revision der Grundlagen der klassischen Physik gewidmet wurden. Diese Kritik und diese Revision haben in der allgemeinen Anschauung über die Physik, welche die Physiker in ihrer Theorie dieser Wissenschaft bekunden, zu erheblichen Modifikationen geführt und diese haben wir jetzt zu betrachten.[1])

2. a) Wir können ganz allgemein sagen, die Modifikationen der physikalischen Gesamtanschauung bestehen namentlich in der Negation des ontologischen Wertes der bildlichen Theorien und in der sehr ausgeprägten phänomenologischen Richtung dieser Physik. Man geht bis zu den Grenzen des Positivismus, wenn man mit diesem Terminus den strengen Ausschluß jeder metaphysischen und ontologischen Tendenz versteht, welche über die sinnlichen Erscheinungen hinausgehen soll. Aus dieser Bestrebung entsprang eine neue physikalische Denkweise, die vielleicht nicht so sehr, als man gewöhnlich meint, der älteren entgegen ist, sie aber jedenfalls gründlich modifiziert. Wir können diese neue Denkweise als die begriffliche bezeichnen, weil sie die bildlichen Anschauungen, die darstellenden Konstruktionen des traditionellen Mechanismus durch reine, einfache, abstrakte Begriffe, unanschauliche Größenbegriffe ersetzt. An die Stelle der sinnlichen Sprache, der Wahrnehmungsausdrücke wie: Massen, Bewegungen, Verbindungen, Stöße, Mechanismen setzt sie eine begriffliche Sprache, gedankliche Ausdrücke. Algebraisch, nicht mehr geometrisch oder gar mechanisch definierte Größe, numerische Veränderungen, mittels eines konventionellen Maßstabes gemessen, nicht mehr wahrnehmbare Veränderungen, gemessen durch den Ortswechsel im Verhältnis zu einem räumlichen Ausgangspunkt — das sind die Materialien der neuen Denkweise, das ist die begriffliche im Gegensatz zur mechanischen oder anschaulichen Physik.

---

[1]) Von der speziellen Revision der Hauptgrundlagen der Physik wird nur soweit die Rede sein, als dies zum Verständnis dieser Modifikationen nötig ist, denn die vorliegende Arbeit bezieht sich auf den Geist, nicht auf den Inhalt der Wissenschaft und nur die Forscher selbst haben die Eignung, Fragen, welche die Prinzipien der Wissenschaft und ihre Revision betreffen, zu behandeln.

b) Diese Modifikation der Form entspricht einer inhaltlichen Modifikation, durch die sie bedingt ist. Die mechanistische Physik ging von den Prinzipien der rationalen Mechanik und den in diesen berücksichtigten Elementen aus. Da es sich zeigt, daß die Prinzipien der Mechanik zur Grundlage der Physik nicht mehr zu genügen scheinen, muß sie neue Prinzipien suchen, Prinzipien, welche diesmal wahre, spezifische Prinzipien der Physik sein werden. Indem die Neueren die mechanischen Prinzipien preisgegeben haben, sind sie zur Ablehnung der der Anschauung entlehnten Elemente, auf welche sich die Demonstrationen der Mechanik beziehen, gekommen. Die Aufsuchung anderer bedeutet nichts anderes als die Ersetzung einer Hyperphysik durch eine andere, die Wiedereinführung Erfahrungs-transzendenter Elemente. Aus diesem Grunde gibt die Reform entschlossen die bildliche Anschauung auf und sucht nach einer rein abstrakten Theorie, welche die materialistische Hypothese so weit als möglich eliminieren wird.

Was die besonderen Prinzipien der Physik betrifft, so war es natürlich, sie in dem neuen Teile der Wissenschaft zu suchen, den der Mechanismus nicht darzustellen vermochte. Da hier der Stein des Anstoßes lag, mußten hier auch die Prinzipien zu finden sein, welche die Physik zur Ergänzung der mechanischen Prinzipien bedurfte, um sich wissenschaftlich zu konstituieren. Die Reform mußte also die Grundlagen ihrer neuen Lehre bei der Thermodynamik suchen und sie im Prinzip der Erhaltung der Energie sowie im Carnot-Clausiusschen Satz, den Grundlagen der Thermodynamik finden. So wurde der Energiebegriff der Unterbau der neuen Physik und daher kann die begriffliche Physik vielfach als energetische Physik bezeichnet werden. In der vorliegenden Arbeit kommen beide Ausdrücke vor, doch ist der erstere allgemeiner und für eine methodologische Untersuchung, für eine Arbeit über den Geist der Wissenschaft geeigneter; denn die zweite bezieht sich unmittelbar auf den Inhalt, auf die materiale Organisation der Physik, und auf manche Vertreter der begrifflichen Methode, wie z. B. Mach, würde die Bezeichnung als Energetiker schlecht passen, wenn auch ihre methodologischen Anschauungen mit denen der energetischen Physiker zusammenhängen.

3. Ein Irrtum wäre es, zu glauben, daß die reformatorischen Ideen sich die Zustimmung der Physiker sogleich errungen haben. Ein Irrtum wäre auch der Glaube, daß sie gegenwärtig gesiegt und die Majorität der Physiker um sich geschart haben. Die große Menge der Physiker hat, indem sie die traditionelle Anschauung der Physik modifizierte, ihr ein neues Gesamtgepräge gab, doch nicht ebenso völlig mit der Tradition gebrochen. Und die Geschichte der Wissenschaften muß konstatieren, daß heute noch die begriffliche und energetische Physik nur eine kleine Minorität bildet. Es scheint sogar eine Reaktion gegen sie[1]) zu

---

[1]) Die Elektronen-Physik, welche zu den mechanistischen Theorien zu zählen ist, strebt gegenwärtig, ihre Systembildung auf die Physik auszudehnen. Ihr Geist ist ein mechanistischer, wenn auch die Hauptprinzipien der Physik nicht mehr durch die Mechanik, sondern durch die experimentellen Daten der Elektrizitätstheorie geliefert werden, und zwar:

1. Weil sie anschauliche, materielle Elemente verwendet, um die physikalischen Eigenschaften und deren Gesetze darzustellen.

2. Zwar betrachtet sie nicht mehr die physikalischen Erscheinungen als Besonderungen der mechanischen Prozesse, aber doch die mechanischen Prozesse als einen Sonderfall der physikalischen Erscheinungen. Die Gesetze der Mechanik stehen also immerhin in unmittelbarem Zusammenhange mit denen der Physik und die Begriffe der Mechanik bleiben in der gleichen Sphäre wie die physiko-chemischen Begriffe. Im traditionellen Mechanismus waren es die, den allein bekannten und am direktesten zu beobachtenden relativ langsamen Bewegungen nachgebildeten Bewegungen, welche auf Grund des Erfahrungsgesetzes zum Typus aller möglichen Bewegungen gewählt wurden. Hingegen zeigen die neuen Erfahrungen, daß wir unseren Begriff möglicher Bewegungen erweitern müssen. Die traditionelle Mechanik bleibt völlig aufrecht, aber sie wird nur auf die relativ langsamen Bewegungen (wie die der wahrnehmbaren Körper) angewendet. Für bedeutende Geschwindigkeiten bestehen andere Bewegungsgesetze. Die Materie scheint sich auf elektrische Partikel, letzte Elemente des Atoms zu reduzieren, so daß die mechanischen Gesetze nur noch die Konsequenzen der Gesetze der Elektrizitätsteilchen innerhalb des leicht absteckbaren Gebietes der mechanischen Prozesse sind.

3. Die Bewegung, der Ortswechsel bleibt das einzige anschauliche Element der physikalischen Theorie.

Endlich bleibt — was vom Standpunkt des allgemeinen Geistes der Physik in Betracht kommt — die Gestalt der Physik, ihrer Methoden, ihrer Theorien und ihres Verhältnisses zur Erfahrung absolut identisch mit der des Mechanismus und der physikalischen Denkweise seit der Renaissance.

bestehen und die Meinung zu obwalten, daß ihre Neuerungen weit entfernt davon sind, insgesamt glücklicher Art zu sein.

Es finden sich denn auch neben ihnen Physiker, welche zwar manche der seitens der begrifflichen Richtung an dem älteren Mechanismus geübten Kritiken billigen, aber die von jenen vorgeschlagenen Reformen nicht vollständig annehmen. Hinsichtlich des Negativen stimmen sie mit ihr überein, nicht aber hinsichtlich des Positiven. Sie meinen, es sei bei dem gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft übereilt, eine spezielle und fest bestimmte Form der Systematisation aufzudrängen. Die mechanistische wie die energetische Anschauung hat ihre Vorteile und vielleicht ihre Nachteile; jedenfalls scheint die letztere nicht schon jetzt als Siegerin gelten zu können. Zur Zeit ist es gut, die eine wie die andere zu verwerten, indem man sie nur sub beneficio inventarii und als mehr oder minder bequeme Werkzeuge akzeptiert. Es ist zweckmäßig, gegenüber ihren dezisiven Entscheidungen eine kritische Haltung einzunehmen, sobald sie sich, mit Überschreitung der gegenwärtigen Erfahrung, auf mögliche Erfahrungen erstrecken wollen. Nützlich ist es endlich, in den physikalischen Theorien die empirische Anschauung, also mechanische Konstruktionen heranzuziehen, ohne sich betreffs der Objektivität dieser Deutung, welche überaus hypothetisch bleibt, einer Illusion hinzugeben. Auf diese kritische Stellungnahme hat H. Poincaré nachdrücklich hingewiesen. Sie verzichtet auf jede feindselige Kritik und hält sich an eine wohlwollende, nützliche, günstige Kritik.

Die neue mechanistische Richtung endlich sucht, indem sie sich an die mechanische Tradition stetig anschließt, sie aber unter dem Einflusse der begrifflichen und namentlich der kritischen Richtung modifiziert, sich der Erfahrung mehr als die alte anzunähern. Sie räumt der mechanischen Theorie nur den Wert eines anschau-Schemas ein, welches notwendig ist, weil es in gewissem Maße durch die erworbene Erfahrung geboten ist und weil nichts zur Behauptung berechtigt, es werde nicht, mit den entsprechenden Modifikationen, mit der künftigen Erfahrung immer besser übereinstimmen können. Sie umfaßt die Mehrzahl der Experimentatoren, der Laboratiumsforscher, sie bildet das Gros des Physikerheeres. Aber trotz ihrer einschneidenden Unterschiede von der

begrifflichen Richtung, trotz ihrer Verwendung bildlicher Darstellungen und trotz der innigen Verbindung, die sie zwischen Mechanik und Physik herstellt, darf man nicht vergessen, daß sie sich wie die energetische und kritische Richtung aus denselben Gründen und derselben Entwicklung zufolge eine wesentlich phänomenologische Anschauung über die Physik bildet.

Das sind, nach einer ganz allgemeinen einleitenden Schilderung, die Grundeinteilungen des Kapitels der Geschichte der Physik, die wir nun mit mehr Details zu untersuchen haben.

Wir können diese Richtungen sehr leicht unterscheiden, auf Grund eines äußeren Merkmals, welches wir für den Augenblick nur als provisorisches Merkzeichen hinstellen, das aber, wie wir sehen werden, der Ausdruck der tiefsten Ursachen dieser Divergenzen ist. In den physikalischen Theorien gestattet die begriffliche oder energetische Richtung *niemals* — die kritische Richtung nur *nebenbei* — die mechanische *stets* und in *wesentlicher* Weise anschauliche, der Bewegungsvorstellung entlehnte Elemente.

Zweites Buch.

Die Kritik des Mechanismus.
Die feindliche Haltung (Begriffliche Theorien).

1. Kapitel.

Die Energetik Rankines.

I. Kritischer Teil.

Es war Rankine, der im Jahre 1846 die systematische Kritik des Mechanismus einleitete und der in einer im 3. Band der „Proceedings of the Philosophical Society of Glasgow", S. 382, enthaltenen Abhandlung den Grund zur energetischen Lehre legte. Diese Abhandlung ist in bezug auf die Geschichte des allgemeinen Geistes und der Theorie der Physik ein historischer Standpunkt, denn sie bezeichnet den Bruch mit den traditionellen Mechanismus. Sie ist die erste Reformkundgebung.

1. a) Der englische Mathematiker beginnt mit der Unterscheidung abstrakter und konkreter Wissenschaft. Letztere umfaßt die rein empirischen Bestandteile der Wissenschaft, sie ist nur eine einfache Sammlung von Beobachtungen, die noch durch nichts geordnet und in zusammenhängender und logischer Weise systematisiert sind. Die abstrakte Wissenschaft besteht in einem Gefüge von Sätzen, welche sich als die Folgerungen aus einigen Definitionen und Axiomen darstellen. Die theoretische Physik ist, aber mit folgenden erheblichen Einschränkungen, zur zweiten Kategorie zu zählen.

1. In einer abstrakten Wissenschaft gibt eine Definition einer Klasse von Begriffen einen Namen, die zwar ursprünglich aus

der Beobachtung stammen, aber nach der Verarbeitung, die sie erfahren haben, nicht mehr notwendig einer Klasse realer, existierender Objekte entsprechen. Ein Axiom wiederum ist nur die Aussage einer Beziehung swischen diesen abstrakten und unwirklichen Abstraktionen, oder die Satzformel dazu.[1])

In der theoretischen Physik hingegen stellt eine Definition Eigenschaften fest, die einer Klasse realer Objekte gemeinsam angehören, und ein Axiom ist hier ein allgemeines Gesetz, welches für die Beziehungen dieser realen Erscheinungen gilt.[2])

2. In einer abstrakten Wissenschaft sind die ersten Sätze, die man entdeckt hat, die einfachsten von allen und sehr gering an Zahl; sie bilden die elementaren Prinzipien dieser Wissenschaft.[3]) Man sucht dann nach und nach das übrige mittelst dieser einfachen Begriffe zusammenzusetzen und nur dann neue Elemente einzuführen, wenn es unumgänglich ist.

Nach Rankine stellt sich uns die Wissenschaft von der Materie ganz anders dar. Hier sind die zuerst gefundenen Sätze in der Regel kompliziert und bilden ein verworrenes, chaotisches Ganzes; sie häufen sich in großer Menge an, ohne daß sich recht klare Verbindungen zwischen ihnen ersehen lassen. Zu den Grundaxiomen gelangt man viel später und man verfolgt in der Entwicklung der Wissenschaft einen Weg, der dem in der abstrakten Wissenschaft betretenen entgegengesetzt ist; sie ist induktiv, nicht deduktiv. Die Induktion tritt in Gegensatz zur Deduktion, einerseits weil sie komplizierter und schwieriger anzuwenden ist, andererseits weil sie ein Generalisationsversuch ist.[4])

Der letzte Punkt ist in dem Werke Rankines besonders beachtenswert, er ist der Mittelpunkt seiner Kritik des Mechanismus.

Die Bemerkung: „Das indirekte Verfahren ist stets ein Generalisationsversuch" bedeutet nämlich, es schließe stets konjekturale Prinzipien und deren Annahme oder Verwerfung ein, je

---

[1]) Rankine, Outlines of the Science of Energetics (Proceedings of the philosophical society of Glasgow), III, 1848—55, § 1, S. 382.

[2]) Ibid.

[3]) Ibid.

[4]) Ibid.

nachdem ihre Konsequenzen mit den aus der Beobachtung entspringenden Gesetzen zusammenstimmen oder nicht.[1])

Auf physikalischem Gebiete haben wir also zwei notwendige Etappen zu unterscheiden. In der ersten entwirft man Formeln, welche unmittelbar aus der Erfahrung gezogen sind; in der zweiten verbindet man diese Formeln zu einer allgemeinen Theorie, so daß die Physik das Aussehen einer abstrakten Wissenschaft gewinnt.[2]) Die Experimentalphysik verwandelt sich durch die Entdeckung des einfachsten Systems von Prinzipien, aus dem sich die Gesetze, welche die Erfahrung formulieren, ableiten lassen, in theoretische Physik. Dieses System ist kein natürliches, unmittelbares, wie in den unmittelber abstrakten Wissenschaften; es ist vermittelt und abgeleitet, nicht der Anfang der Untersuchung, sondern ein ziemlich spätes Ergebnis derselben. Es hat denn auch keine notwendige Durchsetzungsgewalt, es kann nur vorgeschlageu werden. Ergebnis: Die Generalisationsversuche lassen sich in verschiedener Weise durchführen und die theoretische Physik kann nach verschiedenen Methoden begründet werden.

b) Welche Methoden sind dies? Da alle Generalisation die Umspannung einer Vielheit von Tatsachen bezweckt, so wird das Ziel der theoretischen Physik in der Gruppierung der Erscheinungen, in der Klassifizierung derselben bestehen. Die verschiedenen Methoden der Physik werden sich also bestimmen lassen, wenn man die Art und Weise beobachtet, wie die Klassen der Erscheinungen bestimmt und die Tatsachen gruppiert sind.[3]) Rankine findet, daß sich die Methoden unter diesem Gesichtspunkt auf zwei Prinzipien zurückführen lassen: die abstraktive und die hypothetische Methode.[4])

Nach der abstraktiven Methode wird eine Klasse von Erscheinungen oder Gegenständen (— die einen Namen oder ein Zeichen erhalten haben —) bestimmt, indem man die Gesamtheit der Eigenschaften, welche allen Vorgängen oder Gegenständen dieser Klasse gemeinsam sind, beschreibt, ohne etwas anderes zu berücksichtigen als die Daten der Sinneswahrnehmung, ohne

[1]) Ibid.
[2]) Ibid.
[3]) A. a. O., § 2, S. 382.
[4]) Ibid.

daher eine Hypothese einführen zu können. Die Beschreibung ist eine realistische; keine Eigenschaft geht darin ein, die sich nicht vermittelst des normalen und allgemeinen Gebrauchs unserer Sinne an jedem beliebigen Gegenstand der so bestimmten Klasse direkt konstatieren ließe.[1])

Ganz anders würde diese Klasse nach der hypothetischen Methode bestimmt werden. Man wird sich von den Gegenständen oder Vorgängen, aus welchen sie besteht, eine konjekturale Anschauung machen, wird ihnen eine Konstitution zuschreiben, die unsere Sinne nicht zu erfassen vermögen. Das Modell zu dieser Anschauung wird man in einer anderen Klasse von Gegenstanden oder Vorgängen, deren Gesetze schon bekannt und relativ einfach sind, suchen. Man wird so eine Gleichartigkeit zwischen den beiden Klassen von Phänomenen herstellen, welche zur Ableitung der Gesetze der einen aus denen der andern hinreicht, und dies ist vom Standpunkt der Ökonomie geistiger Arbeit ein Vorteil. Natürlich müssen die Folgerungen aus einer derartigen Konstruktion mit den Ergebnissen der Erfahrung übereinstimmen. Die konjekturale Anschauung ist nur in ihren Prinzipien, nicht aber in den Sätzen konjektural, die sich auf die durch sie verknüpften Tatsachen beziehen.[2])

Diese Hypothesen selbst lassen sich in zwei Klassen einteilen, denen zufolge sie als eine wahrscheinliche Darstellung eines wahrnehmbaren Zustandes der realen Dinge oder aber bloß als passende Ausdrucksmittel der Gesetze der Erscheinungen gelten, ohne daß man im geringsten glaubt, daß sie eine Wirklichkeit korrespondieren. Kurz, sie sind entweder objektiv, wie die Schwingungstheorie des Lichtes, oder subjektiv, wie die Theorie der magnetischen Ströme.[3])

2. Wir sind nun mit den allgemeinen Präliminarien, welche Rankine seiner Untersuchung der Physik voranschickt, fertig und haben nun aus ihnen die betreffenden Folgerungen zu ziehen.

Da ist es nun sogleich ersichtlich, daß für Rankine die typische, normale Methode, die von der Wissenschaft soweit

[1]) Ibid.
[2]) Ibid.
[3]) Ibid.

als möglich zu befolgen ist, die abstraktive Methode ist. Sie hat den Vorteil, daß wir mit Newton sagen können: wir bilden uns keine Hypothesen. Und wenn eine Wissenschaft die Fähigkeit hat, ohne Unzuträglichkeiten die abstraktive Form anzunehmen, dann muß man die konjekturale und hypothetische Denkweise sofort verlassen.

Gibt es Wissenschaften, die sich in abstraktiver Form ausdrücken lassen? Gibt es Wissenschaften, die schon jetzt tatsächlich so formuliert werden? Diese beiden Fragen beantwortet Rankine bejahend, freilich mit großer Einschränkung, denn in beiden Fällen handelt es sich um nur eine Wissenschaft. Ja, es gibt eine Wissenschaft, die sich gänzlich in der abstraktiven Form darstellt: die Mechanik; ja, es gibt eine Wissenschaft, die schon jetzt diese Form anzunehmen vermag: die Physik.[1])

Diese doppelte Antwort ist vom historischen Gesichtspunkt aus interessant.

Sie zeigt klar die Tendenzen Rankines und worin er und seine Schüler vom Mechanismus und noch mehr von dem Dialektikern abweichen, welche nach ihnen die philosophische, nicht mehr wissenschaftliche Kritik des Mechanismus unternehmen.

Rankine greift nicht die Mechanik selbst, nicht die Grundlagen derselben an. Er findet vielmehr, daß sie die Idealwissenschaft darstellen, als bloß abstrakter Ausdruck der Wirklichkeit, als integrale Anwendung der abstrakten Methode. Die Mechanik in ihrer traditionellen Darstellung ist gerade der Typus, welchen die Wissenschaften des Realen zu erreichen suchen müssen. Nein, was er kritisiert, das ist, wenn die Physik sich gleichfalls organisieren würde, die Anwendung der hypothetischen Methode auf ihrem Gebiete vermittelst der konjekturalen Ausdehnung der Grundgesetze der Mechanik als Grundgesetze der Physik.

Die Mechanik, sagt Rankine, ist das einzige Beispiel einer vollständigen physikalischen Theorie, deren Prinzipien vermittelst der abstraktiven Methode aus den Daten der Erfahrung

---

[1]) A. a. O. § 3, S. 383.

gewonnen sind. Die Klasse von Gegenständen, die der Körper, ist durch die wahrnehmbaren Eigenschaften derselben bestimmt: Raumerfüllung, Widerstand gegen die Bewegungsveränderungen. Ebenso die beiden Klassen von Vorgängen: Bewegungen und Kräfte. Die Gesetze der Zusammensetzung und Zerlegung der Bewegungen und Kräfte, die Gesetze der Relation zwischen Bewegung und Kraft sind nur formulierte Erfahrung.[1])

3. Eben diese Vollkommenheit ist der Grund, aus dem man versucht, alle Zweige der Physik hypothetisch auf die Mechanik zu gründen, ohne zu bemerken, daß man die Methode wechselte, daß man von jener sich abwandte, welche in der Mechanik so erfolgreich war, um im Gegenteil die andere, die hypothetische Methode zu befolgen. Man hat sich eine Konstitution der physikalischen Vorgänge erdacht, die in der sinnlichen Erfahrung nicht gegeben ist. Diese Konstitution hat man sich nach dem Muster der Eigenschaften der mechanischen Vorgänge vorgestellt. Man hat, mit anderen Worten, die Definitionen und Gesetze der in der Mechanik untersuchten Klassen von Vorgängen modifiziert, um die Definitionen und Grundgesetze der in der Physik behandelten Klassen von Vorgängen zu formulieren, damit so die Folgerungen aus den so bestimmten Definitionen und Gesetzen mit der Erfahrung übereinstimmen. Rankine zweifelt übrigens nicht daran, daß man dies treulich erreicht hat. Man hat eine Darstellung der physikalischen Vorgänge in mechanischen Ausdrücken ausgearbeitet, hat zu diesem Behufe unsichtbare Körper, Bewegungen und Kräfte angenommen, welche die Sinne nicht erfassen können und die uns die Erfahrung in keiner Weise offenbart.[2])

Unbestreitbare Vorteile sind hier dargeboten worden: das Gebiet der Wissenschaft ist mehr vereinheitlicht, die Anzahl der Prinzipien auf das Minimum reduziert worden. Mittelst bloßer Deduktion haben sich Gesetze vorwegnehmen lassen, welche später durch die Beobachtung verifiziert wurden. Aber es bleibt ein erheblicher Mangel: diese Hypothese wird niemals die Sicherheit der Erfahrungstatsachen erreichen. Niemals wird die, wenn

---

[1]) A. a. O. § 3.
[2]) A. a. O. § 4, S. 383.

auch noch so nützliche und fruchtbare Mutmaßung von unsichtbaren Körpern, Bewegungen und Kräften auf wissenschaftlichem Gebiet die Feststellung von empirisch gegebenen Eigenschaften aufwiegen. Die theoretische und erklärende Kraft des ersten Verfahren ist der des zweiten beträchtlich untergeordnet.[1])

Jede Anwendung der hypothetischen Methode begegnet ferner einer ernsten Gefahr. Man mag immerhin bemerken, die Sicherheit werde hier keine vollkommene sein, aber diese Behutsamkeit ist doch meist nicht bekundet worden. Man nimmt voll Vertrauen die Gepflogenheit an, mittelst der allgemein akzeptierten Hypothese mit solchem Dogmatismus die Dinge zu erklären, als ob man sich auf die Konstatierung der Erfahrung beschränken würde. Schließlich ist die Hypothese in unsere wissenschaftlichen Bräuche so eingedrungen, daß man das Hypothetische nicht mehr vom Empirischen unterscheidet. Das Publikum und dann auch die Forscher schreiben ihr zuletzt selbst Autorität zu.[2])

Das Ergebnis hiervon war, daß man fast unmerklich die Tatsachen, die mit dieser Hypothese nicht im Einklang sind, nicht gewahrte. Man hat sie als zweifelhaft, bedeutungslos erklärt oder unwirklich betrachtet, während man die hypothetischen Prinzipien als sicher, ursprünglich und real ansah. Besser gewürdigt, hätten diese Tatsachen die Grundlage zu vollkommeneren Hypothesen und sogar zu sicheren, d. h. wahrhaft empirisch fundierten Theorien abgeben können. Die Hypothesen der Unzerstörbarkeit des Wärmestoffes und der elektrischen Fluida, welche zur Anzweiflung oder Vernachlässigung der jetzt fundamentalen Tatsachen der wissenschaftlichen Wärme- oder Elektrizitätslehre geführt haben, sind passende Beispiele für diese Umkehrung des wissenschaftlichen Geistes.[3])

II. Positiver Teil. Allgemeines.

1. Die Wissenschaft muß also auf die hypothetische Form verzichten und die abstraktive Form annehmen, sowie dies nur

---

[1]) A. a. O. § 5, S. 384.
[2]) Ibid.
[3]) A. a. O. § 6, S. 385.

möglich wird. Die Physik befindet sich eben in dieser Lage: eine Ausdehnung der abstraktiven Methode vermag die physikalischen Vorgänge in ein System zu bringen, die theoretische Physik zu begründen.

Man wird die mehreren Gruppen von physikalischen Vorgängen gemeinsamen Eigenschaften unterscheiden, ohne sie auf mechanisch definierte Elemente zurückführen zu wollen; man wird sie erfahrungsgemäß unterscheiden und mit Hilfe dieser empirisch gewonnenen Eigenschaften wird man umfassendere Klassen bis zu den allgemeinsten, alle anderen einschließenden, bilden.

Jede von ihnen wird man zweckmäßig benennen. Die Definitionen dieser Termini werden die nach der abstraktiven Methode aufgestellten einleitenden Definitionen bilden. Die Grundaxiome wird man gewinnen können, indem man die allgemeinen Sätze formuliert, welche als Sonderfälle die Gesetze der speziellen Klassen einschließen, die in unseren allgemeineren Klassen enthalten sind.

So gelangt man zu einer Reihe von Lehrsätzen, die auf die physikalischen Vorgänge überhaupt anwendbar sind. Diese Reihe von Sätzen wird völlig und einzig auf Erfahrung und Induktion beruhen. So wird man die Unsicherheit los, welche den mechanischen Hypothesen und der hypothetischen Methode anhaftet.[1])

Wir tun gut daran, diese Allgemeinheiten zu verlassen und, ohne hier eine Zusammenfassung der theoretischen Physik geben zu wollen, in mehr konkreter Weise zu sehen, wie Rankine die Anwendung der abstraktiven Methode auf die Physik versteht. Indem wir von den technischen Einzelheiten absehen, analysieren wir die Grundbegriffe des Systems, um dessen logische Struktur (nicht dessen wissenschaftlichen Wert, den nur die Physiker vom Fach schätzen können und dürfen) zu betrachten.

Rankine beginnt mit der Frage, welches in der Erfahrung der gemeinsame Charakter der mannigfachen Zustände der Materie sei, auf welche sich die verschiedenen Zweige der Physik beziehen. Dieser gemeinsame Charakter aller physi-

---

[1]) A. a. O. § 6, S. 385.

kalischen Zustände ist die Wirkungsfähigkeit, die Veränderungskapazität, die Eigenschaft der Energie. Die Energie ist die Bezeichnung für die allgemeinste Klasse, welche die theoretische Physik ins Auge fassen kann, denn dieselbe umfaßt alle physikalischen Vorgänge. Die Definition der Energie wird die Eingangsdefinition bilden, die Fixierung der allgemeinsten Gegebenheit der physikalischen Erfahrung; sie muß in dieser Wissenschaft die Stelle der Definition des materiellen Dinges in der Mechanik einnehmen. Sie ist nur die abstrakte Definition einer allen physikalischen Tatsachen gemeinsamen Eigenschaft: der Modifizierbarkeit.[1])

Wenn es also möglich ist, allgemeine Energiegesetze aufzustellen, so werden diese mutatis mutandis auf jeden Zweig der Physik anwendbar sein und ein System von Prinzipien bilden, auf welches sich eine theoretische Physik nach der abstraktiven Methode gründen lassen wird. Wir sehen jetzt, warum Rankine seiner Theorie den Namen „energetische Theorie" gegeben hat.[2])

2. Der Ausdruck „Energie" und alle allgemeinen Ausdrücke, deren die energetische Theorie bedarf, um sich zu entfalten, sind rein abstrakter Art, und dies erklärt die Bezeichnung „abstraktive Methode", welche Rankine dem sie fordernden Verfahren gibt. Unter dem Abstrakten aber versteht er nicht das Imaginäre oder Irreale, sonst fielen wir in eine der mechanischen Theorie analoge Theorie und in eine hypothetische Methode zurück. Vielmehr unterscheidet sich die abstraktive Methode von der hypothetischen dadurch, daß sie etwas Reales darstellt, daß sie aus den Daten der Erfahrung selbst erwächst. Abstrakt bedeutet also bloß „was nicht der Name eines Gegenstandes oder eines einzelnen Vorganges, sondern der Name einer sehr umfassenden Klasse von Gegenständen oder Vorgängen ist".[3])

Mit anderen Worten: die Begriffe, mittelst welcher die physikalische Theorie sich nach der abstraktiven Methode aufbaut, sind sehr allgemeine Begriffe, welche eine bei einer

---

1) A. a. O. § 6, S. 385.
2) A. a. O. § 7, S. 385.
3) A. a. O. § 7.

großen Anzahl von Objekten empirisch zutage tretende gemeinsame Eigenschaft sinnlicher Art symbolisieren oder darstellen.

Hier besteht nicht, wie wir gleich bemerken wollen — denn es ist ein Zug, den wir bei allen Kritiken des traditionellen Mechanismus begegnen — ein Bruch mit der Tradition der Renaissance und mit den Neuerungen, die sie in die Physik brachte.

Die neueren, die mechanistischen Physiker, waren stets wesentlich Nominalisten. Es gibt für sie nur konkrete Gegenstände, die Sinneserfahrung zeigt uns nur Einzelvorgänge. Alles muß als Funktion der Erfahrung, daher durch die Wirkung und Wechselwirkung einzelner, realer Gegenstände, Dinge erklärt werden. Daher die mechanistischen Anschauungen, Fluida oder Atome, daher auch die Theorie des Vollen bei Descartes, die oft erneuert ward, sogar von den Anhängern Newtons, ja von diesem selbst, wenn er sich dagegen wehrt, als wolle er mit der Anziehung die verborgenen Qualitäten wieder einführen. Man kann sich kein Wirken außerhalb wahrnehmbarer Dinge, realer Existenzen, individueller Körper oder materieller Individuen denken. Die Anordnung dieser materiellen Individuen, ihre Stöße, ihre Verbindung verursachen die mannigfachen Wirkungen, die wir in der Natur gewahren, alle Qualitäten, die sie aufweist. Eine allgemeine Eigenschaft beruht nach dieser Auffassung stets auf einer raum-zeitlichen Wiederholung einer besonderen Gruppierung ähnlicher Individuen. Die Qualität oder Eigenschaft im allgemeinen existiert nicht. Es ist dies nur ein bequemer Ausdruck, ein Symbol zur Bezeichnung des Umstandes, daß es in der Natur ähnliche und ähnlich gruppierte Individuen gibt.

Dies ist der Grundsatz des Mechanismus seit Galilei und Descartes.

Rankine bricht nicht völlig mit dieser Tradition. Er anerkennt, daß die physikalische Erklärung auf Grund der Daten der Sinneserfahrung stattfinden muß. Er wirft sogar den Mechanisten vor, daß sie diese Erfahrung überschreiten, indem sie unsichtbare, untastbare Wesen, die uns die Sinne nicht offenbaren, hypothetisch annehmen. Wenn er anderseits — und der Name seiner Methode, die er diesem hypothetischen Verfahren substituieren will, ist bezeichnend — die allgemeinen Eigen-

schaften, die Qualitäten als Prinzipien wiedereinsetzt, so ist er zugleich sehr bemüht, uns zu zeigen, daß sie nur Abstraktionen und Symbole seien. Sie existieren nicht für sich selbst, haben keine Realität; sie bestehen nur als dargestellt durch eine Vielheit von Individuen, von Gegenständen oder Vorgängen. Er nennt sie sogar oft Ausdrücke. Er bleibt daher Nominalist, wodurch er vom historischen Gesichtspunkt aus der Erbe des aus der Renaissance stammenden Physikergeschlechts bleibt.

Aber es ist darum nicht weniger wahr und darin besteht die von ihm eingeführte Neuerung, daß er, statt individuelle Gegenstände, materielle Elemente von vorgeblicher Realität zu Prinzipien zu machen, von der Betrachtung der allgemeinen Eigenschaften ausgeht; er beginnt mit der Definition abstrakter Begriffe, nicht von Dingen, von individuellen Existenzen. Gewiß, er betrachtet die Allgemeinheit nicht nach der Art der Aristotelischen und der mittelalterlichen Philosophie, er bleibt von der seit drei Jahrhunderten ununterbrochenen mechanistischen Strömung durchdrungen. Aber seine Methode ist begrifflicher Art, wenn er auch nicht an die Realität der Begriffe glaubt; es ist keine anschauliche Methode.

III. Grundlinien der Energetik Rankines.

1. Jeder physikalische Vorgang ist eine Äußerung oder eine Umsetzung von Energie — das ist der Kern der theoretischen Physik. Wie wendet Rankine diese Grundanschauung auf die besonderen Phänomene an?

Er unterscheidet hierbei Substanzen und Akzidenzen. Die Substanzen sind die konstanten Eigenschaften, die Akzidenzen die variablen. Je nachdem die Akzidenzen aus dem Zustande einer isoliert betrachteten Substanz oder aber aus Relationen zwischen Substanzen sich herleiten, sind sie selbst absolut oder relativ.[1])

Wiederum gibt er seinen Ausdrücken einen neuen Sinn. Nicht aus Ängstlichkeit — sein ganzes Werk zeigt vielmehr ein Streben nach Originalität, eine Neigung, die gebahnten Wege zu verlassen — sondern gemäß seiner eigenen Auffassung der Wissenschaft. Die Rückkehr zum Aristotelismus besteht nur in

[1]) A. a. O. § 8, S. 386.

der Form, in der Sprache, nicht dem Geiste nach. Unter Substanz oder konstanter Eigenschaft versteht er die Masse, und dies ist mechanistisch. Die Akzidenzen müssen, um Gegenstand einer wissenschaftlichen Untersuchung zu werden, meßbar, quantitativ ausdrückbar sein. Es sind homogene Größen. Der Geist kann und muß ein System von Relationen erdenken, welches die Mittel zur Messung auch der absoluten Akzidenzen bietet.

2. Der Inbegriff der Veränderungen einer Substanz, ihr Gesamtzustand oder ihre Gesamtveränderung ist ein komplexes Akzidenz. Es gäbe keine komplexen Veränderungen, wenn wir uns auf dem Gebiete der reinen Qualitäten befänden, denn eine qualitative Veränderung ist auf einfachere Veränderungen nicht zurückführbar; die Qualität ist nicht zu analysieren, sie wird als Sinnesqualität einfach konstatiert. Rankine nimmt vielmehr, wieder rein mechanistisch, an, daß die Gesamtveränderung einer Substanz eine Summe elementarer Veränderungen ist. Die Qualität, die allgemeine Eigenschaft ist für ihn zwar ein Erklärungs-, nicht aber ein Seinsprinzip. Mittelst ihrer konstruiert er eine abstrakte Vorstellung, ein Schema der Wirklichkeit. Nur betrachtet er diese, wenigstens die wissenschaftliche Wirklichkeit, wie der Mechanismus in quantitativer Form. Die Natur ist nach wie vor etwas, was der Berechnung zugänglich und den Gesetzen der Geometrie unterworfen ist. Er gibt uns sein System als ein neues, um den mathematischen Determinismus auf die Wirklichkeit anzuwenden. Es ist dies eine neue Art des von der Renaissance inaugurierten „mathematischen" Typus, eine Art, welche eine größere Klarheit gewähren muß, weil sie die hypothetischen Elemente eliminiert, welche die gegenwärtige Erfahrung nicht erfaßt und die auch wahrscheinlich keinerlei Erfahrung jemals erfassen wird.

3. Die elementaren oder einfachen Akzidenzen, deren Zusammensetzung zur Begründung der Beschaffenheit eines Phänomens, zur notwendigen und zureichenden Erklärung dienen muß, sind die unabhängigen Akzidenzen.[1])

Rankine gliedert dieselben in zwei Gruppen: die aktiven und

---

[1]) A. a. O. § 8.

die passiven Akzidenzen, entsprechend den „Ursachen" und den „Wirkungen". Sodann unterscheidet er ein primäres aktives Akzidenz, die Kraft; dieses Akzidenz spielt bei ihm wie bei den Mechanisten eine besondere Rolle in dem Aufbau der theoretischen Physik, denn es dient zur Messung der Substanzen, d. h. der Massen. „Die Kraft ist ein Maß der Masse; die Massen lassen sich mittelst der Kräfte vergleichen, welche nötig sind, um in ihnen Veränderungen bestimmter Akzidenzen zu bewirken." Das zu diesem Zwecke konventionell verwendete Akzidenz ist die Geschwindigkeit.[1])

Allemal wenn ein Akzidenz vermöge eines Kraftaufwandes sich verändert, konstituiert diese Veränderung das, was man eine Arbeit nennt. Die Arbeitsmenge ist das Produkt der Veränderung eines passiven Akzidenz durch die Größe des Kraftaufwands, wenn dieser konstant ist, durch sein Integral, wenn er variabel ist. Es ist dies der Flächeninhalt der Kurve, deren Abszisse das passive Akzidenz, deren Ordinate den Kraftaufwand darstellt.[2])

Die Arbeitsmengen messen, wie im klassischen System, die ihrer Erzielung fähigen Energiemengen. Die aktuelle Energie ist ein absolutes Akzidenz, bestimmt durch den Gesamtzustand der Substanz. Die potentielle Energie ist ein relatives Akzidenz, das von den Relationen zwischen Substanzen herrührt. Sie ist das Integral des Kraftaufwandes in Bezug auf die mögliche Veränderung eines passiven Akzidenz. Von der Arbeit ist sie dadurch unterschieden, daß in dieser die Veränderung bewirkt worden ist, während sie in der potentiellen Energie bloß bewirkt werden kann; hier ist sie nur möglich und wird später realisiert werden.[3])

Wir kennen diese Begriffe schon von dem klassischen Mechanismus her. Hier erscheinen sie an derselben Stelle, in derselben Form für die theoretische Physik notwendiger Eingangsdefinitionen. Nur ist die Form des Ausdrucks und der Vorstellungen eine andere geworden.

4. Aber die Analogie zum Mechanismus kommt, wenigstens

[1]) A. a. O. § 8.
[2]) A. a. O. § 8.
[3]) A. a. O. § 8.

in der wissenschaftlichen Gesamtauffassung, in einem Hauptsatze zu noch schärferem Ausdruck. Dieser Satz allein könnte die absolute Divergenz von den scholastischen Anschauungen markieren, wenn man sich durch das Äquivoke der Terminologie zu sehr hätte irreführen lassen und wenn man in Versuchung geraten wäre, die Erneuerung der alten Wörter für eine Erneuerung der alten Begriffe zu halten.

„Alle Arten der Arbeit und der Energie sind gleichwertig" erklärt Rankine, indem er das Experiment von Joule über die Äquivalenz von Wärme und mechanischer Arbeit anführt. Da in einer Umsetzung, wo die Wärme verschwindet und mechanische Arbeit auftritt, eine Konstante das Verhältnis der verschwundenen Wärmemengen und der verschwundenen Bewegungsmengen in einem bestimmten Einheitssystem zum Ausdruck bringt, so sind beide Formen der Energie im Grunde gleicher Art. Alle Arten von Energie sind kontinuierlich miteinander verbunden. „Jede Energieart kann zu jeder Art Arbeit leistungsfähig gemacht werden.[1])

Der Mechanismus behauptet, alle Äußerungen der Energie seien gleichartig und die Energie sei in ihrem Wesen eins. Dieses Wesen erfaßt er in der Form kinetischer Energie, d. h. der Bewegung, während Rankine nichts darüber voraussetzt. Aber das verschlägt wenig. Der Grundsatz des Mechanismus ist der, daß die Energie eins ist und im Grund sich stets gleich bleibt. Diese verschiedenen Äußerungen sind die Erscheinungen, in Form welcher unsere Sinne sie erfassen.

Dieses Postulat teilt Rankine mit den Mechanisten, er erhebt es sogar zum ersten Axiom der Energetik.[2]) Er erkennt ausdrücklich an, daß dieses Axiom zu denselben Konsequenzen führt wie der traditionelle Mechanismus.

Die Hauptsache in der Theorie der Physik ist nicht die, daß sie eine mechanistische Hypothese ist oder nicht ist, sondern die Annahme oder Verwerfung einer gleichartigen Vorstellung der physikalischen Umsetzungen, was auf die Annahme der letzten Einheit der Physik hinausläuft.

---

[1]) A. a. O. § 9, S. 390.
[2]) Ibid.

Das Übrige ist unwesentlich und sekundär, es ist eine Sache der Anwendung, während jenes eine Prinzipienfrage ist. Der traditionelle Mechanismus hatte als Prinzip die Gleichartigkeit der physikalischen Umsetzungen aufgestellt, er hatte es sogar metaphysisch durch das, was man Homogenität oder Einheit der physikalischen Kräfte nennt, ausgedrückt. Rankine akzeptiert dieses Prinzip, indem er es von allem metaphysischen Nebensinne befreit und daraus eine Vorstellungsformel, eine relative Formel, nicht ein Substanzprinzip macht. In der Entwicklung der theoretischen Physik führt er also die neuere Tradition fort, indem er seinen Relativismus präzisiert.

Wir sahen übrigens, daß Rankine auf dem Gebiete der Mechanik, in der Theorie der Bewegung selbst durchaus traditionell und mechanistisch denkt. In der traditionellen Mechanik erkennt er das Vorbild der vollendeten wissenschaftlichen Theorie. Was er im Namen der Erfahrung bekämpft, das ist die Pretension, die physikalische Theorie genau auf derselben Basis ohne Hinzufügung von besonderen Definitionen und Postulaten konstruieren zu wollen. Beim Übergange vom Gebiete der Mechanik zu dem der Physik darf die Bewegung nur mehr als Äußerung einer besonderen Energieart angesehen werden, und wenn auch alle Formen der Energie gleichartig sind, so berechtigt uns doch die Erfahrung dazu, sie auf eine derselben zurückzuführen und diese als fundamental zu betrachten; wenigstens könnte dies Rankine meiner Meinung nach behaupten, denn er entwickelt seine Gründe nicht und setzt nur sein energetisches System dem mechanistischen als ein der Erfahrung adaequates entgegen.

Jedenfalls bleibt folgendes: Rankine will das von dem Mechanismus vorgeschlagene Reduktionssystem nicht haben, aber er akzeptiert und fordert als Grundpostulat die Möglichkeit einer mathematischen Physik, d. h. die Notwendigkeit einer Reduktion, und dies scheint uns ein wesentlicher Grundzug des seit der Renaissance herrschenden wissenschaftlichen Geistes zu sein. Er stiftet eine unüberbrückbare Kluft zwischen zwei Denkweisen, zwei systematischen Weltanschauungen, er scheidet zwei Arten in epistemologischer Hinsicht von einander. Zu der einen Art von Physikern gehört, ebenso wie die Kartesianer, die Newtonianer, die Atomisten, die modernen Mechanisten, Ran-

kine, zur andern die vorwissenschaftliche und die scholastische Physik.

5. Von da an ist übrigens der Unterschied zwischen der Darstellung Rankines und dem traditionellen Mechanismus nur ein formaler, und der englische Physiker erkennt selbst, daß „wir zu allen Konsequenzen der mechanistischen Hypothese gelangen".

IV. Schlußfolgerungen.

Die Rankinesche Arbeit ist wohl eine Kritik des traditionellen Mechanismus, aber eine Kritik, die auf eine Reform der theoretischen Physik, nicht auf deren Ruin oder gänzliche Umgestaltung abzielt. Was macht sie der theoretischen Physik, welche als Synthese der atomistischen und Newtonischen Theorien ihre Epoche beherrschte, zum Vorwurf? Ihre Konjekturalmethode und die ontologische, metaphysische Bedeutung, welche sie den Ergebnissen dieser Methode beimißt.

1. Die Physik darf nur in die Erfahrung Vertrauen setzen, feste Wahrheiten gibt es für sie nur auf experimentellem Boden. Sie muß sich demnach davor hüten, dieses Gebiet zu verlassen und namentlich davor, bei diesem Schritte den konjekturalen Charakter der Ergebnisse, zu denen sie alsdann gelangt, zu übersehen. Die Physiker der Epoche waren dazu gelangt, den Kraftzentren, den materiellen Punkten, den imponderablen Fluida und den Atomen (elektrische Fluida, Wärmestoff usw.) die gleiche Realität wie den Erfahrungsinhalten beizumessen. Manche Physiker waren sogar nahe daran, zu glauben, diese Hypothesen hätten höheren Realitätswert als die Sinneserscheinungen. Rankine weist auf diese Gefahr hin und verlangt, die Physik solle aufhören, Abstraktionen, neue Ideale zu hypostasieren, um den Weg, den der moderne Geist ihr vorgeschrieben hat, konsequenter zu verfolgen: den Mathematismus und die Erfahrung. Das sind die beiden Grundzüge der Renaissance-Physik: die Erfahrung, zur festen Grundlegung, znr Begründung einer Wissenschaft, welche Wissen ist, und der Mathematismus, um alle Folgerungen aus der Erfahrung streng ziehen zu können, damit man sie präzis vorhersehen und die erworbenen Erkenntnisse für die Auffindung neuer Erkenntnisse sicher verwerten kann. Die ältere

formale Logik hat in der Scholastik ihr Unvermögen genügend an den Tag gelegt. Sie taugt für die praktische Erörterung, für die Dialektik der Gemeinbegriffe. Aber sie besitzt nicht die Bestimmtheit, Sicherheit und Ableitungskraft der mathematischen Form. Diese ist die neue Logik der neueren Wissenschaft. Mehr noch als die beständige Kontrolle und Eingebung seitens der Erfahrung ist die beständige Anwendung der mathematischen Form für den positiven wissenschaftlichen Geist charakteristisch. Descartes und Galilei haben ihn ebenso wie Bacon geschaffen. Rankine will nur eines: die Physik mehr experimentell und strenger mathematisch gestalten. Daher sucht er sie von ihren allzu gewagten Konjekturen und den ontologischen Begriffen zu befreien, die bloß für die Dialektik Wert haben können. Die geometrische Anschauung widerstreitet allem substantiellen Charakter, der Mathematiker braucht Anschauungen, welche bloße quantitative Beziehungen sind. Mit ontologischen Elementen ist die mathematische Deduktion übel daran. Daher führte Descartes die Materie auf die Ausdehnung zurück, welche ganz dazu geeignet war, für den Mathematiker ein relatives Lagensystem zu werden. Wir dürfen daher wohl behaupten, daß Rankine, indem er den Empirismus und Relativismus der Physik steigerte und den traditionellen Mechanismus in diesem Punkte kritisierte, nur dem Geiste gehorchte, der zugleich die Revolution der Renaissance und, nach einer stetigen und keineswegs abgelaufenen Entwicklung, den traditionellen Mechanismus eingegeben hatte.

2. Wir dürfen uns daher nicht wundern, wenn wir bei Rankine einen wahren Enthusiasmus für die Wissenschaft, an deren Fortschritt er arbeitet, ein unerschütterliches Vertrauen zu den Resultaten, die sie aufweist und die sie erhoffen läßt, finden. Keine Spur von Skeptizismus oder auch nur von Agnostizismus begegnet uns in den Werken des englischen Physikers. Der objektive Wert der Physik ist über alle Kritik erhaben, denn die Erfahrung ist jeder äußeren Argumentierung und Dialektik, die sie kritisieren wollten, überlegen. Die Erfahrung ist die Wahrhaftigkeit selbst, das Maß aller Wahrheit. Was Rankine sucht, ist die Reinigung derselben von allen Elementen, durch die sie alteriert oder entstellt werden könnte. Da er solche mittelst der hypothetischen Methode zu finden fürchtet, so schlägt er deren

Aufgabe vor. Darin ist er der treue Nachfolger Newtons, der stets von einer Physik als reinem Ausdrucke der Erfahrung geträumt hat; auch folgt er zweifellos den empirischen Traditionen des englischen Geistes.

3. Was wird aber aus der theoretischen Physik, die solchermaßen aller Objektivität entkleidet ist, außer jener, welche die experimentellen Resultate, die sie zum Ausdruck bringt, besitzen? Warum betrachtet man nicht einfach die Physik als eine Sammlung empirischer Regeln? Ist die theoretische Physik nicht eine Überflüssigkeit? Nichts entfernt sich mehr von dem Gedanken Rankines, und was er über die rationale Mechanik sagt, welche für ihn nur eine physikalische Theorie ist, die definitive, ideale Theorie einer Gruppe physikalischer Vorgänge, bezeugt klar die Bedeutung, die er der theoretischen Physik neben der experimentellen beimißt. Die theoretische Form ist die vollendete Form der Wissenschaft, das von ihr angestrebte Ideal. Eine streng abgeleitete Mathematik des physischen Universums ist die Konzeption, welche dieser Neuerer Descartes und der Renaissance-Physik entlehnt. Nur will er, daß diese Mathematik streng sei und keine unverifizierbaren Konjekturen einführt. Die ganze Mathematik betrachtet er als eine logische Kette von Abstraktionen aus den Tatsachen.

Welchen Wert besitzt also diese Mathematik der Physik. Eben den Wert, welcher Abstraktionen und Relationen von Tatsachen zukommt. Die physikalische Theorie hat einen Darstellungswert. Sie ist die Darstellung der empirisch festgelegten Verbindungen zwischen den nach den Analogien der Erfahrung verknüpften Erscheinungsgruppen. Sie ist die Darstellung der empirisch festgelegten Verbindungen zwischen den nach den Analogien der Erfahrung verknüpften Erscheinungsgruppen. Sie ist die Darstellung der physikalischen Vorgänge, zu welchen uns die Erfahrung auf Grund von Entdeckungen unweigerlich notwendig und allgemein führt. Die physikalische Theorie ist weder willkürlich noch unnütz. Indem sie das System der Erfahrungstatsachen darstellt, ist sie eine natürliche Beschreibung und Klassifikation dieser Tatsachen.

Wozu dient diese Klassifikation? Zunächst zur methodischen Darstellung der so komplizierten und verworrenen Erfahrung;

sie ist darin, daß sie einen klaren und deutlichen Ausdruck für das Gegebene sucht, der Kartesianischen Methode konform.

Sie ist jedoch nicht bloß eine Darstellungsmethode, sondern auch eine wesentliche Form der Forschungsmethode. Der traditionelle Mechanismus ersann gewiß seine Hypothesen, um sich über die Natur Rechenschaft zu geben, aber auch, um unser Wissen zu vermehren. Hier stellte sich die theoretische Physik als eine Antizipation der Erfahrung, als der Inbegriff der Eingebungen dar, welche zur Erforschung des Unbekannten besser geeignet waren. Keine Wissenschaft, welche immer es sei, kann eines so kräftigen Hebels entraten. Sie muß ihre Entdeckungen fortsetzen und daher vorgefaßte Anschauungen verwerten. Auch die physikalische Theorie Rankines eignet sich zu dieser methodologischen Verwertung. Nur sucht sie der Forschungs- und Untersuchungsmethode einen strengeren, logischeren, weniger imaginären und konjekturalen Charakter zu wahren. Eben dadurch, daß sie die exakte mathematische Beschreibung dessen sein wird, was wir vom System der Welt, von den durch die Erfahrung schon verzeichneten Verbindungen wissen, muß die physikalische Theorie es gestatten, daß wir vermittelst der logischen Entwicklung ihrer Konsequenzen neue Beziehungen ableiten, unter welchen die Erfahrungen jene bestimmen wird, welche der Wirklichkeit entsprechen. Der Fortschritt der Physik wird, mit den durch die Gegenstände und die ununterbrochene Kontrolle der Erfahrung bedingten Unterschieden, mit dem Fortschritt der mathematischen Wissenschaften vergleichbar, welche neue Reichtümer sammeln, indem sie die nicht erfaßten Konsequenzen ihrer vorausgehenden Thesen deduktiv entwickeln.

Die physikalische Theorie von Rankine ist demnach in doppelter Hinsicht ein Werkzeug der Methode: der Darstellungs- und Klassifikationsmethode und der Entdeckungs- und Entwicklungsmethode. Ihre ontologische Bedeutung hat sie nur eingebüßt, um einen streng methodischen, wissenschaftlichen, mehr unmittelbaren und wirksamen Wert zu bekommen. Was sie an Realität verloren hat, das und noch mehr hat sie als Methode gewonnen.

Das Werk Rankines markiert also nicht bloß ein Datum in der Geschichte der Physik, es markiert ein noch bedeutsameres Datum in der Geschichte der Logik der Naturwissenschaften. Es

erscheint nach der in der Einleitung auseinandergesetzten Auffassung der Logik als die erste bewußte und hoffnungsvolle Bewegung dieser Logik der Naturwissenschaften, welche wahrhaft wissenschaftlich und rationell ist, weil sie sich auf die Arbeit jener stützt, welche täglich Naturwissenschaft betreiben.

4. Es ist zu bemerken, daß Rankine hinsichtlich des Inhalts der physikalischen Theorie nicht mit der früheren bricht. Bei der Betrachtung dieser neuen Theorie konnten wir sehen, wie sehr sie sich dem traditionellen Mechanismus nähert, wenn man die Dinge ihres sprachlichen Ausdruckes entkleidet und in deren Geist zu erfassen sucht. Die methodische Darstellung der physikalischen Erkenntnisse weicht von dem Lehrgebäude des traditionellen Mechanismus nicht einmal in den Prinzipien, besonders aber nicht im allgemeinen Zusammenhang ab. Im Grunde nähert sich die neue physikalische Theorie in Bezug auf ihren Inhalt der älteren ebenso sehr als hinsichtlich ihres Geistes. Die Neuerungen, die sie aufweist, sind bloß die Neuerungen, welche das stärkere Bewußtsein gebot, daß die Physik um die Mitte des 19. Jahrhunderts von ihrer Positivität, von der nötigen Entfernung von aller Metaphysik, in welcher Verkleidung sie auch auftritt, gewinnt. Der empirische und phaenomenalistische Standpunkt wird zum Standpunkt der Physik, nicht als ob der Physiker hinsichtlich der von ihm erreichten Resultate skeptisch wäre, sondern weil er es ablehnt, irgend etwas außerhalb der Wahrnehmung zu betrachten; er hat nicht einmal zwischen Erscheinung und Wirklichkeit zu unterscheiden, denn er kennt den Sinn dieser Worte gar nicht. Er steht den Tatsachen gegenüber, diese sind für ihn das Gegebene, nur das Gegebene, alles Gegebene. Von allem übrigen weiß er nichts und namentlich weiß er nicht, ob wir uns betreffs dieser Tatsachen eine metaphysische Frage stellen können, welche sich auf eine Natur bezieht, von der sie nur die Erscheinungen sein würden.

Dieser Standpunkt mußte notwendig zur Konstruktion einer autonomen physikalischen Theorie führen. Alle Divergenzen, die wir finden, wenn wir diese Konstruktion mit jener des traditionellen Mechanismus vergleichen, haben die Autonomie der physikalischen Theorie zum Ziele. Durch die Entwicklung des positivistischen und wissenschaftlichen Geistes selbst also wird

Rankine dazu veranlaßt, die Grundlagen der theoretischen Physik außerhalb der Konjekturen betreffs einer Urbeschaffenheit der Materie zu suchen. Daher die energetische Konstruktion, die der Physik recht angemessen ist und die eine hypothetische und metaphysische Identifizierung der physikalischen mit den mechanischen Vorgängen unterläßt.[1]) Die rationale und experimentelle Denkweise, welche ehemals die Grundlinien des Mechanismus gegenüber der peripatetischen Metaphysik gezogen hatte, bestimmt ihn nun zur Abweichung vom traditionellen Mechanismus. Er sucht vor allem die Autonomie der Wissenschaft.

5. Die von Rankine an Stelle der Methode des traditionellen Mechanismus gepriesene Methode substituiert den bildlichen Konstruktionen des Mechanismus eine begriffliche Konstruktion. Die Darstellung der Vorgänge wird nicht vermittelst einer Anschauung erfolgen, welche ihre elementaren Daten der Gesichts- und Tastwahrnehmung entnimmt, sondern vermittelst quantitativer Begriffe, Abstrakta, die nur durch Zeichen, durch einen von aller unmittelbaren und natürlichen Beziehung zur sinnlichen Wirklichkeit unabhängigen Algorithmus vorstellbar sind. Hier liegt die fundamentale Modifikation der Methode, und sie enthält im Kerne alle Umwandlungen, welche der physikalische Geist erfährt. Weil die bildlichen Vorstellungen des traditionellen Mechanismus sich als Anschauungen des Realen, als substantielle, dinghafte Elemente gaben, schlägt Rankine die Aufgabe der anschaulichen Methode vor. Seine abstraktive, begriffliche Methode hat zunächst den Vorteil, daß sie nicht zur Geringschätzung ihres Wesens anreizt. Sie ist bloß ein methodologisches Werkzeug, nur ein Darstellungs- und Forschungsmittel. Sie kann nicht ohne Absurdität eine ontologische Bedeutung beanspruchen. Von vornherein stellt uns die abstraktive Methode auf einen Boden, wo es eine Wahrheit,

---

[1]) Wenn übrigens moderne Physiker in großer Zahl dem Mechanismus treu bleiben, so ist dies nicht mehr eine metaphysische Konjektur und eine Restauration des traditionellen Mechanismus. Sondern es geschieht nur, weil sie auf Grund neuer Erfahrungen glauben, daß die physikalischen Tatsachen sich wirklich um mechanische Tatsachen oder in deren Gefolge systematisieren. Die Autonomie der physikalischen Theorie und deren Positivität bleiben aufrecht. Das Werk Rankines hat unauslöschliche Spuren hinterlassen.

eine Wirklichkeit, eine Objektivität gibt, aber wo dieselbe im positiv-empiristischen, d. h. in dem einzigen wahrhaft annehmbaren Sinne zu nehmen ist. Nehmen wir ihr denn nicht allen Sinn, wenn wir glauben, derselbe sei ein die Sinneserfahrung übersteigender? Öffnen wir nicht unweigerlich dem Zweifel Tür und Tor, wenn wir in die Physik Hypothesen betreffs der unsichtbaren Konstitution der Erscheinungen, eine ganze hypothetische Substruktion einführen, die sich bislang aller Erfahrung entzogen hat?

Wenn aber die begriffliche Konstruktion der physikalischen Theorien von Rankine dazu erdacht ist, um der Physik den positiven Charakter zu geben, der ihm im Mechanismus noch fehlte, um sie besser als zuvor vor aller Metaphysik zu bewahren und sie durchaus in die Schranken der Erfahrung einzuschließen, dann sehen wir, wie sehr wir irren würden, wenn wir wegen des Ausdrucks „Begriff" und anderer von Rankine gebrauchter Ausdrücke an eine Rückkehr der Physik zur scholastischen Form glaubten. Der Begriff ist keineswegs eine intelligible Wirklichkeit, die im Gegensatze zur sinnlichen steht oder sich von dieser ablöst. Der rationale Mechanismus wäre sogar, wenn anders sich zwei so verschiedene Denkweisen miteinander vergleichen lassen, weniger von dieser letzteren Anschauung entfernt als das System Rankines. Für Rankine ist der Begriff nur ein repräsentatives Zeichen der Sinneserfahrung. Wir stehen mehr denn je in der nominalistischen, naturalistischen Tradition der Renaissance. Die Theorie hat nur Wert durch die Sonderfälle, deren Rahmen sie ist, und zwar ein Rahmen, den sie aufdrängen. Die Prinzipien der Theorie sind die Gesetze, welche die reale Erfahrung darbietet, welche durch Einzelfälle wie die Experimente von Joule und R. Mayer sich offenbaren und deren Ausdehnung auf alle Zweige der Physik durch die Erfahrung gerechtfertigt wird, weil das Wirkliche diese erste Einzelheit gewissermaßen unendlich wiederholt, nicht aber weil es durch eine allgemeine substantielle Qualität hergestellt wird. Der Energiebegriff ist eine Abstraktion aus wirklichen Erfahrungen, er ist die Vorstellung eines in aller physikalischen Wirklichkeit sich wiederholenden Elementes, aber er ist keine Entität, keine substantialisierte Qualität. Die begriffliche Theorie der Physik erinnert in nichts an die Be-

griffsphilosophie. Der Gebrauch, den Rankine vom Begriff macht — ein symbolischer Gebrauch — ist dem Gebrauche, den davon die Scholastik machte, stracks entgegengesetzt. Die physikalische Theorie ist keine rationale, die Sinneserscheinungen transzendierende Denkweise, sondern eine rationale Denkweise, der die Sinneserfahrung immanent ist.

Das Rationale behält seine Kartesianische Bedeutung, es bleibt die Welt der klaren und deutlichen Ideen, der Größe, der mathematischen Methode, welche den mathematischen Prinzipien untertänig ist. Es ist nicht die Welt der leeren Allgemeinheiten, der Qualität, der syllogistischen Methode, welche bloß den Prinzipien der fremden Logik untergeordnet ist. Die physikalische Theorie folgt den Andeutungen der Erfahrung und ihre logische Ordnung verschmilzt mit der Ordnung der Natur; keine kann ohne die andere existieren, jede ist eine Funktion der anderen.

---

2. Kapitel.

Die Anschauungen Machs und die Energetik Ostwalds. Die experimentellen Grundlagen der neuen Physik.

I. Einleitung.

1. Die Energetik Rankines war im ganzen als eine Reform der physikalischen Theorie in einer weniger konjekturalen Richtung erdacht worden. Zur Formulierung der Prinzipien einer neuen theoretischen Physik kam Rankine, um den Anteil des Willkürlichen, des Symbols, der apriorischen Idee, der individuellen Phantasie zu beseitigen.

Weit entfernt, eine Antinomie zwischen der Energetik und der rationalen Mechanik zu finden und die Mechanik umfassen zu wollen, geht sein Ehrgeiz nur dahin, für alle Teile der Physik eine Theorie von ebensolcher Form zu konstruieren, wie die Mechanik sie traditionell aufweist. Die rationale Mechanik also ist das von ihm gewählte Muster. Wie der Mechanismus es sich zuerst zum Ziele gesetzt hatte, will er ein System finden, welches die Natur in einer möglichst objektiven Weise darstellt, und zugleich will er die einfachste, leichtest mitteilbare und fruchtbarste Darstellungsweise finden; es bleibt aber natürlich die Objektivität das in erster Linie Gesuchte, die Objektivität, d. h. die begriffliche Darstellung der Erfahrung.

Der Historiker vermag in Rankine nur den Fortsetzer jener Tendenz zu erblicken, welche die Physik seit der Renaissance in eine bestimmte Bahn gedrängt hat.

Er hat keine destruktive Kritik inauguriert, sondern eine reformatorische Kritik unternommen, deren einziges Ziel es ist, die Physik auf der von ihr seit den ersten Entdeckungen der Mechanik betretenen Bahn fortschreiten zu lassen.

2. Diese reformatorische Kritik werden die Nachfolger Rankines im selben, reformatorischen, aber nicht revolutionären Geiste, aber in zugleich breiterer und tieferer Weise aufnehmen, wie es den allmählichen Entwicklungen einer und derselben Uridee zukommt. Das Werk Rankines setzte sich aus einem kritischen und einem positiven Teile zusammen. Der kritische Teil wendet sich gegen die mechanische Methode und verwirft sie als zu konjektural. Der positive Teil schlägt im wesentlichen eine neue Methode vor, welche diesem Geiste und dem wissenschaftlichen Ideal der Gegenwart mehr entspricht. Es handelt sich also vorzüglich um eine Kritik der Methode.

Die Nachfolger Rankines ergänzen den destruktiven und den konstruktiven Teil seines Werkes. Anstatt den Mechanismus bloß in methodischer Beziehung anzugreifen, greifen sie ihn inhaltlich an, indem sie ihn mit der von ihm vorgeblich ausgedrückten Erfahrung vergleichen. Diese Erweiterung der negativen Kritik bringt in die positive Konstruktion eine neue Fülle. Sie zeigen, wie die von Rankine gepriesene Methode die Erfahrung in besserer Weise zum Ausdruck bringt. Sie zeigen mit Evidenz die Zusammenhänge der neuen Denkweise mit der Erfahrung, ihre experimentellen und objektiven Grundlagen.

Von allen Forschern, die nach dieser Richtung abzweigen, haben vielleicht Mach und Ostwald sich die genaueste Analyse ihres Geistes und der Gründe, welche zur Aufgabe der älteren nötigten, zur Aufgabe gemacht. In dem folgenden Abschnitte gehen wir besonders den Anschauungen Machs nach, weil sie sehr systematisch und bestimmt sind. Wir werden sie an geeigneter Stelle durch Bezugnahme auf Ostwald ergänzen, der nebst Helm, Planck und Popper einer der eifrigsten Verfechter der Sache der Energetik gewesen ist.

II. Der allgemeine Standpunkt Machs.

1. Bei einem raschen Überblick über gewisse Teile des wissenschaftlichen Werkes von Mach und der Hauptnachfolger Rankines wäre man zunächst zu glauben versucht, daß ihre allgemeine Auffassung sich dem Skeptizismus recht nähert,

wenigstens aber der Anschauung einer formalistischen und konventionellen Wissenschaft.

Mach unterscheidet in jeder wissenschaftlichen Entwicklung eine experimentelle, eine deduktive und eine formelle Periode. In den beiden ersten Perioden haben wir noch einen Kontakt mit dem Wirklichen, wiewohl in der zweiten dieser Kontakt eher illusorisch zu sein scheint, denn hier substituiert die Wissenschaft den Tatsachen geistige Bilder, welche von der Berufung auf die Erfahrung entheben.[1])

Die wissenschaftliche Arbeit wird nun wesentlich subjektiv, sie ist eine Konstruktion im und durch den Geist, ein Gebilde der Phantasie. Der traditionelle Mechanismus ist ein Beispiel dafür.

Wie ist es aber, wenn wir von der deduktiven zur formellen Periode übergehen? Jedes Objektivitäts-Vorurteil scheint jetzt beseitigt. Man sucht nur die wissenschaftlichen Ergebnisse in einem synoptischen Bilde zusammenzustellen. Und hierbei verfolgt man nur ein Ziel: die Bequemlichkeit, Leichtigkeit. Es kommt wenig auf die Mannigfaltigkeit und reale Individualität der Erscheinungen an. In diesem Stadium sucht die Wissenschaft nach einer Konstruktion von möglichster Einförmigkeit und die sich möglichst weit von der Wirklichkeit entfernt. Sie will uns nicht mit dem Wirklichen vertraut machen, sondern uns eine geistige Ermüdung ersparen, unsere Denkbemühungen ökonomisieren.[2])

Man findet weiter den Ausdruck „mechanische Mythologie", angewandt auf die wissenschaftliche Denkweise des 18. Jahrhunderts. Diese Mythologie wird mit der animistischen Mythologie der alten Religionen verglichen.[3]) Die Wissenschaft ist nur ein biologisches Gebilde[4]); das naive und das logische Denken sind zwei Momente der Entwicklung dieses Gebildes und das zweite ist sogar nur ein idealer Grenzfall des Prozesses. Mach wird den Glauben an eine wirkliche Korrespondenz zwischen der Natur und den abstrakten Begriffen der Physik (Masse, Kraft,

---

[1]) Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung. 4. Aufl. 1901, S. 453.

[2]) Die Prinzipien der Wärmelehre, S. 437 f.

[3]) Die Mechanik, S. 493.

[4]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 410; Populärwiss. Vorles. S. 16, 75, 129, 243; Analyse d. Empfind., S. 209.

Atom, usw.) einen „besonderen Zustand unserer Intellektualität", d. h. einen pathologischen Fall, eine krankhafte Illusion heißen. Diese Begriffe sind bloß Systemelemente, zu ökonomischem Zwecke gedachte Ordnungseinheiten. Es sind gedankliche Hilfsmittel für die Darstellung der Welt auf dem Schauplatze des Nutzens. Die Worte sind bei Mach selbst gesperrt; wir sehen, sie sollen die Subjektivität der physischen Operationen hervorheben.

Hat hiernach die Physik nicht das Aussehen, als sei sie eine willkürliche Konstruktion des Geistes.

2. Aber man kann anderwärts und sogar neben den von uns angeführten Stellen solche lesen, die nur eine einzige und zwar die ganz entgegengesetzte Deutung zulassen. Mach kommt namentlich mehrfach auf die Idee zurück, daß die Wissenschaft vor allem befreiend wirke. Sie befreit uns von Unwissenheit und klärt unseren Geist auf: „Jeder, der diesen Aufschwung und diese Befreiung auch nur zum Teil durch die Literatur miterlebt hat, wird lebenslänglich ein elegisches Heimweh empfinden nach dem 18. Jahrhundert."[1]) Befreit aber die Wissenschaft von der Unwissenheit, so kann sie sicherlich nicht eine künstliche Konstruktion sein. Dies bedeutet, daß es eine objektive Wirklichkeit gibt, daß die Wissenschaft die Aufgabe hat, sie zu entdecken und darzustellen, endlich, daß nur die Wissenschaft dieses Ziel zu erreichen vermag. Ist anderseits die Wissenschaft eine Gedankenanpassung, so ist sie eine progressive, wachsende Anpassung, eine solche, welche das Denken immer besser an das Objekt anpaßt und die in zunehmendem Maße gelingt.

Die von mir soeben angeführten Formulierungen Machs sind demnach keine Kritik des objektiven Wertes der Physik im allgemeinen, sondern bloß des objektiven Wertes der mechanistischen Physik, und daher sind sie vollkommen vereinbar mit einer Lehre von der Objektivität der Physik und der Wissenschaft im allgemeinen.

III. Gesamtkritik der mechanistischen Anschauung.

1. Die Aufzeigung des allgemeinen Geistes der Machschen Anschauung beginnt somit notwendig mit einer Gesamtkritik des

---

[1]) Die Mechanik, S. 488.

Mechanismus. Diese Kritik wird uns zur unerschütterlichen positiven Idee der physikalischen Objektivität führen. „Die Anschauung, daß die Mechanik als Grundlage aller übrigen Zweige der Physik betrachtet werden müsse, und daß alle physikalischen Vorgänge mechanisch zu erklären seien, halten wir für ein Vorurteil.“ [1]) Dieses Vorurteil hat einen rein historischen Ursprung. Es rührt daher, daß die Entdeckungen, welche die Grundlage der Mechanik abgegeben haben, die ersten waren, welche betreffs der physikalischen Vorgänge stattfanden. Das Studium der Natur hat seit der Renaissanee mit den Fallgesetzen und den Schwerephänomenen in unserer kleinen irdischen Welt und mit der Untersuchung der Bewegung der Himmelskörper begonnen. Die ersten großen Gesetze der Physik, die ersten Prinzipien beziehen sich insgesamt auf die Massen, Bewegungen, Geschwindigkeiten, auf die durchlaufenen Räume und die dazu nötigen Zeiten, auf die Kräfte und Beschleunigungen, d. h. auf die Geschwindigkeitsänderungen bei der Bewegung der materiellen Körper. Von Galilei bis Newton beschäftigen sich Kepler, Descartes, Roberval, Guericke, Fermat, Torricelli, Wallis, Mariotte, Boyle, Huygens, Lami u. a. nur mit den Massenbeziehungen, mit Bewegungen, Zeiten und Räumen. Diese Relationen lassen sich sehr leicht zahlenmäßig und geometrisch darstellen und bilden fast unmittelbar ein durch seine Einheit, Einfachheit und Logik hervorstechendes System; es umfaßt Bewegungen von Massen, deren Gewaltigkeit die leichten Übertreibungen der Phantasie übersteigt. Es erstreckt sich bis zu den Schwingungen eines Pendels oder bis zu den Vibrationen der Staubkörner. Es findet Anwendung auf alle ungehemmten Bewegungen, welche wir in der Natur zu beobachten vermögen. In dem Maße, als man experimentiert, findet man, daß alles wägbar ist und daher den Gesetzen der Mechanik gehorcht. Daher der natürliche, instinktive, notwendige Glaube, daß dieses so einfache und logische System das vollständige Natursystem, der Inbegriff der notwendigen und zureichenden Bedingungen des Universums sei. Und da auf dieser Bahn die Erfolge sich häufen, da man anderseits, wenn die Voraussagungen der Me-

[1]) Die Mechanik, S. 529.

chanik nicht eintreffen, stets eine unsichtbare Anordnung der Teilchen annehmen kann, durch welche sich diese Ausnahme durch eben die Gesetze, die sie scheinbar verletzten, erklärt, so erscheint uns die mechanische Naturauffassung als eine historisch durchaus erklärliche und für ihre Zeit sehr nützliche Hypothese.[1])

2. Diese historischen Umstände und die Fortschritte, welche ihm die Wissenschaften verdanken, entschuldigen den Mechanismus.[2]) Aber sie sind nur eine Entschuldigung, keine Rechtfertigung. Die Hypothese ist eine künstliche und die Gründe dafür sind zahlreich und überzeugend.

2. a) Der erste dieser Gründe, nicht der wenigst gewichtige, ist der, daß es keine rein mechanischen Vorgänge gibt. Diese sind willkürliche oder gezwungene Abstraktionen, deren Ziel die Erleichterung des Studiums einer Kategorie von physikalischen Erscheinungen ist. Aber ein physikalischer Vorgang beliebiger Art gehört streng genommen allen Gebieten der Physik an, „welche nur durch eine teils konventionelle, teils physiologische, teils historisch begründete Einteilung getrennt sind“.[3])

Das Vorurteil, welches bei der Erforschung eines physikalischen Vorgangs den Bedingungen der Bewegung eine überwiegende Bedeutung gegenüber den thermischen, magnetischen, elektrischen und chemischen Veränderungen verliehen hat, hat wohl eine historische Bedeutung. Aber die historische Ancienität ist kein Grund für die Allgemeinheit einer wissenschaftlichen Erklärung. Die der Zeit nach ersten Gesetze und Prinzipien sind nicht notwendig jene, welche den logischen Primat bekommen müssen. Sie beherrschten die Anfänge der Wissenschaft, aber nichts beweist uns, daß sie deren ganze Entwicklung beherrschen und daß die Ursprünge der wissenschaftlichen Erkenntnis trotz der späteren Entdeckungen die unerschütterliche Grundlage derselben bleiben müssen.

Der Gedanke erscheint vielmehr viel natürlicher, daß jede

---

[1]) Andrade entwickelt (Revue de métaphys., März 1899, S. 178) denselben Gedanken wie Mach: Der Mechanismus entspringt zufälligen Ideen-Assoziationen, und diese haben ihre Ursache in der zufälligen historischen Reihenfolge der Entdeckungen betreffs der Naturphänomene.

[2]) Mach, Die Mechanik, S. 493.

[3]) A. a. O. S. 529.

neue Entdeckung die Grundlage der früheren Anschauungen modifizieren müsse, ohne sie jedoch umzustoßen, da sie eine Berechtigung, unverlierbare wissenschaftliche Ansprüche besaßen.

In der Mechanik z. B. betrachtet man nicht mehr die Hebeltheorie, die doch das älteste Gesetz der mechanischen Vorgänge aussagt, als die Grundlage der anderen. Die späteren Entdeckungen haben gezeigt, daß es nur eine besondere Folge eines allgemeineren Gesetzes ist. Warum könnte nicht das Gleiche von der ganzen Physik im Verhältnis zur Mechanik der Fall sein?

2 b) Vergleichen wir ferner die Leitgedanken der verschiedenen Gebiete der Physik und suchen wir für jeden von ihnen in einem Zweige jene, die ihnen in den anderen Zweigen entsprechen, indem wir die Mechanik als einen von ihnen betrachten. Anstatt in den verschiedenen Zweigen abgeleitete Gesetze, als Folgen aus den mechanischen Prinzipien zu finden, begegnen wir vielmehr Prinzipien, welche mit denen der Mechanik zu vergleichen sind. Sie sind von analoger Ausdehnung und Fassungskraft. Die allgemeinen Gesetze der Mechanik stehen also auf demselben Niveau wie die übrigen Grundgesetze der Physik, sie sind ihnen nicht übergeordnet.

So entsprechen die Temperaturen und die elektrischen, chemischen Potentiale den Geschwindigkeiten bewegter Massen. „Ein Wert der Geschwindigkeit, Potentialfunktion oder Temperatur ändert sich nie allein.... Den Massen entsprechen die Wärmekapazitäten, der Wärmemenge das Potential einer elektrischen Ladung, der Entropie die Elektrizitätsmenge usw.“ Wir könnten diese Analogien weiter verfolgen, aber es genügt der Hinweis darauf, um zu zeigen, daß der Begriff der Masse oder der Geschwindigkeit an sich nichts besitzt, was erkennen ließe, daß die übrigen Begriffe, deren sich die Physik bedient, darauf sich zurückführen lassen. Wozu soll man versuchen, Wärme, Temperatur, Elektrizitätsmenge, das Potential einer elektrischen Ladung usw. auf Formen der Molekularbewegung, d. h. auf Massen und Geschwindigkeiten zurückzuführen, weil Massen und Geschwindigkeiten ihre Analoge auf dem Gebiete der Bewegung sind. Alle diese Begriffe sind parallele Definitionen, welche je nach dem Erscheinungsgebiet, das wir ins Auge fassen, eine parallele Rolle spielen. Nichts berechtigt dazu, daß man einige

derselben, nämlich jene, welche sich auf die Bewegung und auf die Mechanik beziehen, zur notwendigen Grundlage aller übrigen macht.[1])

Vielleicht wird man sagen, daß man mittelst eines solchen Verfahrens dem System der physikalischen Erkenntnisse eine einfachere und bequemere Gestalt gibt. Man verringert die Anzahl der Grundtatsachen und Prinzipien, da man sie auf die Grundtatsachen und Prinzipien der Mechanik zurückführt, indem man alle ursprünglichen Begriffe, die sonst in jedem Zweige der Physik zu postulieren wären, unterdrückt. Ist das nicht, selbst angenommen, daß die mechanistischen Hypothesen keine objektive Bedeutung haben, eine Ersparnis, eine Denkökonomie? Kann die Energetik, welche, wie wir bald sehen werden, dieser Denkökonomie ein großes Gewicht beimißt, ein so praktisches System verdammen?

Eben die Bequemlichkeit, der praktische Nutzen des Mechanismus ist es, was Mach bestreitet; aus Bequemlichkeits- und Nützlichkeitsgründen verwirft er ihn. In einer mechanistischen Hypothese findet sich nichts von Kraftersparnis oder Denkökonomie. Zunächst paßt sie die meiste Zeit hindurch schlecht zu den Vorgängen, die sie zu erklären vorgibt. Daher die Notwendigkeit beständiger Korrekturen — lauter neue Komplikationen, Schwierigkeiten, Ursachen der Dunkelheit, des Zeit- oder Kraftverlustes. Bei unserer Unkenntnis der wahren Konstitution der Körper und ihrer Urelemente wird der Mechanismus mit vagen Hilfsmitteln, mit sehr approximativen Bildern durchgeführt. Daraus ergibt sich notwendig ein Abstand zwischen den korrekten Ableitungen des Systems und den exakten Daten der Erfahrung. Ferner bewirken diese Unsicherheiten in zahlreichen Teilen der Physik beträchtliche Lücken sowie die absolute Unmöglichkeit, die wirklichen Vorgänge, z. B. die nicht umkehrbaren oder auch die Konsequenzen des Carnot'schen Satzes, nur sehr approximativ darzustellen. Man muß dann verborgene Bewegungen und Massen einführen, welche uns die Erfahrung nicht dartut und nie dartun wird können und die komplizierte und schwierige Beziehungen einschließen.[2])

[1]) Prinzipien d. Wärmelehre, S. 396.
[2]) Ostwald, Revue générale des Sciences, 15. Dec. 1895, S. 1070.

Endlich, und dies ist der Hauptgrund, wird der Mechanismus — per imposibile angenommen, er könne in irgend einem Zweige der Physik zur Aufstellung einer adaequaten und vollständigen Hypothese, wie z. B. nach Gibbs die mechanische Wärmetheorie — hier nur die wirklichen Relationen um ein zweites, symbolisches Relationssystem verdoppelt haben. Wo bleiben Ökonomie und Ersparnis?[1]) Wozu sollen wir jeder empirischen eine symbolische Relation hinzufügen, die nichts anderes besagt und es stets in weniger realistischer Form besagen wird?[2])

4. Sicherlich besteht zwischen allen Naturvorgängen und den mechanischen Prozessen eine deutliche Verbindung. Wir müssen uns aber vor einem groben Irrtum hüten. Wenn ein mechanisches Prinzip die Erklärung physikalischer Vorgänge gestattet, indem es Größen, welche in der Erfahrung in der Form von Bewegungen gegeben sind, als veränderlich annimmt, so heißt das nicht, daß diese Veränderlichen schließlich Bewegungen darstellen, sondern nur, daß zwischen den mechanischen und den anderen Erscheinungen eine unveränderliche Größenbeziehung besteht. Die Veränderlichen sind in den betrachteten Relationen keine unabhängig Veränderlichen, sie sind abhängig von der veränderlichen Bewegung, sind aber keineswegs bestimmte Werte dieser Veränderlichen. Dies erklärt insbesondere die Rolle des Prinzips der Erhaltung der Energie, welches eine Verallgemeinerung eines mechanischen Prinzips ist, wenn man nur die potentielle Energie der Lage und die kinetische Energie der Bewegung berücksichtigt. In der Natur aber stellt sich die Energie nicht gänzlich in der Form von Lagen und Bewegungen dar. Eine

---

[1]) Mach, Die Mechanik, S. 532.

[2]) Die Mechanisten haben übrigens ihren Gegnern bezüglich dessen geantwortet, daß wenn eine Hypothese die Erfassung neuer Tatsachen durch Substitution geläufiger Gedanke nach Möglichkeit erleichtert, ihre Leistungsfähigkeit damit erschöpft ist (a. a. O. S. 532). So viel ich weiß, ist kein Energetiker dieser Entgegnung erfolgreich entgegen getreten. Mach führt sie nur an, ohne ihre Widerlegung zu versuchen. Aber offenbar hat sie auch kein Energetiker für zureichend befunden, um seine Kritik des Mechanismus daraufhin zu modifizieren. Der Historiker kann nur ihr Stillschweigen darüber feststellen. Die Kritik könnte sich genauer damit befassen und hier ein Hauptargument zugunsten der mechanistischen Hypothesen finden.

vollbrachte Arbeit (eine mechanische Umstellung) wird nicht notwendig lebendige Kraft erzeugen, sondern auch Wärme, Elektrizität usw.; ebenso kann eine lebendige Kraft nicht durch eine mechanische Umlagerung, sondern durch eine Wärmeabgabe, einen elektrischen Strom usw. erzeugt werden. Nichts berechtigt dazu, alle diese neuen Glieder als Erscheinungsform einer mechanischen Arbeit oder einer verborgenen Bewegung zu betrachten. Man hat es geglaubt, weil das Prinzip zuerst für die mechanischen Vorgänge formuliert wurde. Es gab und gibt keinen anderen Grund dafür.[1])

5. Es ist auch kein Grund zur Annahme vorhanden, „daß ein großer und weiter Blick in die Naturwissenschaft erst durch die mechanische Naturansicht hineingekommen ist.“ [2]) Der Mechanismus ist nicht, wie man es oft behauptet hat, für sich selbst eine gute Untersuchungsformel, die sich zwar nicht durch ihren theoretischen Wert, aber doch durch ihre praktischen Dienste für die Erforschung des Alls empfiehlt. Mach glaubt, die Konstruktion der Mechanik sei, wie die übrigen Fortschritte der Physik allgemeineren Ursachen, zuzuschreiben, sie seien parallele und partielle Wirkungen einer und derselben Geistesverfassung, eine Folge derselben fundamentalen Forschungsprinzipien; aber die Mechanik ist eine partielle Wirkung und Folge, ein Resultat, sie ist keine Ursache, kein Prinzip. Das Nützliche in der physikalischen Konstruktion, ihr Fortschrittsfaktor, ist nicht die mechanistische Anschauung, sondern eine umfassendere und tiefere Anschauung, von der die mechanistische eine momentane, relative und besondere Anwendung ist. Worin besteht diese Grundanschauung? Wir finden deren wesentliche Merkmale leicht, wenn wir die Werke der großen Naturforscher analysieren. Dann sehen wir, daß sie stets die Betrachtung des besonderen Vorganges mit der des Gesamtgeschehens alternieren ließen. Sie verglichen beständig — und Mach erhebt die Vergleichung zum Rang eines Prinzips der physikalischen Methode[3]) — die Einzelerfahrung, welche sie zum Forschen antrieb, mit einem

[1]) A. a. O. S. 532.
[2]) A. a. O. S. 533.
[3]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 391; Populärwissensch. Vorles., S. 266—68.

reichen Ganzen aufbewahrter, in ihrem Denken latent aufgespeicherter Erfahrungen. Sie bildeten den Reservefond, der ihnen gestattete, daß ihrer Wißbegierde eröffnete Gebiet zu erforschen und die wissenschaftliche Entdeckung zu machen.

Die Analogie, die Angleichung, welche sogleich zur Verallgemeinerung eines Gesetzes, zu seiner Anwendung auf neue Fälle und oft durch einen Rückstoß zu seiner Richtigstellung anreizt, alle diese fundamentale Arbeit bei der wissenschaftlichen Entdeckung rührt daher, daß der Geist des Forschers von einer Menge früherer, mehr oder weniger genauer Erfahrungen erfüllt war. Diese Erfahrungen verdichten sich allmählich zu einem aktiven Begriffe, der jäh auf einen Sonderfall angewendet wird und ihn in ein neues Licht rückt. Das auf die bis dahin unbemerkte oder kaum schattenhaft bemerkte Erscheinung geworfene Licht wird reflektiert, kehrt sozusagen mit neuer und stärkerer Helligkeit zurück.[1])

Bei dieser Arbeit hat es sich, namentlich in den Anfängen der Physik, da bloß die Vorgänge beobachtet wurden, zu deren Studium, die Mechanik erstand, ereignet, daß die durch die zahlreichen Erfahrungen gelockten, im Geiste aufgespeicherten Vorstellungen, welche in latenter Weise die Entdeckungen leiteten, mechanische Vorstellungen waren. Aber dies ist nur eine historische Zufälligkeit und eine zeitweilige Erscheinung. Die Vorstellungen, welche in den wissenschaftlichen Geistern der Gegenwart die Erfahrungen verdichten, sind schließlich anderer Art, bereichert durch alles das, was sie nun von Erscheinungen wissen, die mit der Mechanik nicht im Zusammenhang stehen. Sie können sogar nur gewinnen, wenn sie sich so weit als möglich von der mechanistischen Form entfernen. Diese ist in hohem Maß speziell und partiell.[2]) Sie stellt die Ursprungsperiode in der Physik dar, eine Periode beschränkten Wissens, ein Minimum an Erfahrungstatsachen im Vergleich mit den uns gegenwärtig bekannten, die wir verwerten müssen, soll die

---

[1]) Die Mechanik, S. 533.

[2]) In der schon angeführten Abhandlung: Les concepts métaphysiques du mécanisme (Revue de métaphys. 1899, S. 177) setzt Andrade das Gleiche auseinander, so auch Ostwald in der Revue générale des sciences, 15. Nov. 1895.

wissenschaftliche Arbeit fruchtbar sein und sich nicht durch eine beschränkte Vergangenheit einengen lassen.

Die Energetik hat eben die Verbreiterung der Grundlage der physikalisch-chemischen Begriffe zum Ziele. Sie stützt sich auf alle in den verschiedenen Zweigen der Physik und Chemie erzielten Resultate. Sie verdichtet sie virtuell, läßt sie insgesamt im Geiste des Forschers wirken. Sie ist eine so vollständige Vorstellung, als man sie sich nur wünschen kann, das durch die Gesamtheit der Erfahrung dargebotene Ganze, ohne willkürliche Vorrechte für einen Teil dieser Gesamtheit.

Der Mechanismus erscheint uns also nicht bloß als eine unnütze Komplikation, als ein erheblicher Kraftverlust seitens der Vertreter dieser Hypothese, sondern muß auch als nachteilig für die wissenschaftliche Entdeckung, als schädlich betrachtet werden. Indem er im Geiste des Forschers manche fruchtbare Analogien hintanhält, indem er den Umfang des Gebietes, auf dem diese Analogien erwachsen können, einschränkt, läßt er ihn wichtige Tatsachen vernachlässigen oder verstümmeln und alterieren, um sie in eine zu enge Konstruktion hineinzupressen.[1])

Lassen wir demnach die mechanische Konstruktion an ihrem Platze, in der ihr gemäßen Rolle. Sie ist eine partielle Systematisation gewisser physikalischer Erscheinungen, der mechanischen. Sie darf aber nicht eine Gesamtsystematisation der physikalisch-chemischen Vorgänge[2]), nicht das umfassende und vollständige Inventar der Tatsachen der Physik sein wollen.[2])

IV. Positiver Teil.

Die Gesamtauffassung der Physik.

1. Muß nun die energetische Physik an die Stelle der mechanischen treten, als eine genauere Anpassung an das Wirkliche, so setzt sie doch nichtsdestoweniger deren Werk fort. Sie bleibt in der wissenschaftlichen Tradition und Mach gibt, um dies besser zu zeigen, die Geschichte dieser Tradition. Er zeigt uns, wie der Mechanismus seinerzeit den wissenschaft-

[1]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 429.
[2]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 461.

lichen Geist entfaltet, wie er ihn von seiner Dienstbarkeit gegenüber der Religion und der Metaphysik befreit hat, wie er den letzteren Teil dieser Aufgabe nur unvollständig gelöst hat und wie nun die Energetik eben den Anspruch erhebt, sie in diesem Punkte zu vervollständigen. Die Energetik ist die notwendige Folge des wissenschaftlichen Fortschritts, die Entdeckung des 19. Jahrhunderts, wie der Mechanismus die Folge der Entdeckungen des 16. und 17. Jahrhunderts ist. Die Energetik ist eine Fortsetzung des Mechanismus, wenn man in dem letzteren nur das sieht, was man darin zu sehen hat: ein Moment der wissenschaftlichen Anpassung, durch den griechischen Rationalismus auf mathematischem Gebiete inauguriert, durch den Rationalismus der Renaissance und die Kartesianer in einem besonderen Zweige der Physik fortgesetzt und in den anderen Zweigen von der Energetik selbst entwickelt und erweitert. Wir überblicken diese Geschichte, was die Physik betrift, indem wir Mach folgen.

2. Die Physik bemerkt Mach, hatte zuerst gegen Kirche und Religion zu kämpfen. Die Geschichte ihrer Anfänge seit dem 15. Jahrhundert ist ein langes Martyrium. Aber nicht bloß gegen die positive Religion, gegen die kirchliche Autorität mußte die Wissenschaft kämpfen, das wäre ein großer Irrtum. Gegen den religiösen Geist in allen seinen Formen und bis in seinen letzten am wenigsten merkbaren Konsequenzen mußte der Kampf geführt werden, ein beständiger Kampf, in dem der wissenschaftliche Geist oft beinahe besiegt und vernichtet worden wäre. Jedenfalls mußte er sich oft beugen. Dieser Kampf fand auf der Wahlstatt der Gedanken der Forscher selbst statt und ihr wissenschaftlicher Geist hatte gegen die eigenen vorgefaßten, latenten, durch eine theologische Erziehung und durch das Milieu in ihnen aufgespeicherten Ideen, kurz gegen ihren eigenen religiösen Geist zu kämpfen. So haben denn auch die Prinzipien der Physik, die damals so ziemlich auf die Mechanik zurückgeführt waren, trotz der Emanzipation der Wissenschaft von der Theologie anfangs alle eine theologische, religiöse oder metaphysische Form oder sie sind mit metaphysisch-theologischen Erwägungen verbunden.[1]) Mach zitiert diesbezüglich zahlreiche Beispiele:

[1]) Die Mechanik, S. 477 ff.

Descartes, Napier, Pascal, Otto von Guericke, Newton, Leibniz, Euler haben Neigungen zu religiöser Apologetik, welche in ihren physikalischen Arbeiten persistieren. Galilei nimmt die theologischen Instanzen wieder auf, die wir bei Heron und Pappus finden. Solchen Instanzen begegnen wir bei Fermat und bei Bernouilli, endlich bei Maupertuis und Euler hinsichtlich der Prinzipien der kleinsten Wirkung, der Konstanz der Materie und der Summe der Bewegungsgrößen, der Unzerstörbarkeit der Arbeit oder der Energie. Wir dürfen übrigens nicht meinen, daß dieser Konflikt zwischen religiösem und wissenschaftlichem Geist stets latent bleibt und nur bei der sorgsamen Analyse der Formulierungen und Ergebnisse zutage tritt. Dieser Konflikt ist ein durchaus bewußter, und alle großen Forscher, deren Namen wir oben anführten, suchen ihn beizulegen und ihr wissenschaftliches Gewissen zu läutern. Dies ist ein beständiges Bemühen ihrer Physik.[1])

[1]) „Durch das ganze 16. und 17. Jahrhundert bis gegen das Ende des 18. Jahrhunderts war man geneigt, überall in den physikalischen Gesetzen eine besondere Anordnung des Schöpfers zu sehen. Dem aufmerksamen Beobachter kann aber eine allmähliche Umbildung der Ansichten nicht entgehen. Während bei Descartes und Leibniz Physik und Theologie noch vielfach vermengt sind, zeigt sich später ein deutliches Streben, zwar nicht das Theologische ganz zu beseitigen, aber dasselbe von dem Physikalischen zu sondern. Es wird das Theologische an den Anfang oder das Ende einer physikalischen Untersuchung verlegt. Es wird das Theologische womöglich auf die Schöpfung konzentriert, um von da an für die Physik Raum zu gewinnen."

„Gegen das Ende des 18. Jahrhunderts trat nun eine Wendung ein, welche äußerlich auffällt, welche wie ein plötzlich getaner Schritt aussieht, die aber im Grunde nur eine notwendige Konsequenz des angedeuteten Entwicklungsganges ist. Nachdem Lagrange in einer Jugendarbeit versucht hatte, die ganze Mechanik auf das Eulersche Prinzip der kleinsten Wirkung zu gründen, erklärt er bei einer Neubearbeitung desselben Gegenstandes, er wolle von allen theologischen und metaphysischen Spekulationen als sehr prekären und nicht in die Wissenschaft gehörigen, gänzlich absehen. Er führt einen Neubau der Mechanik auf anderen Grundlagen aus, und kein Sachverständiger kann dessen Vorzüge verkennen. Alle späteren bedeutenden Naturforscher haben sich der Auffassung von Lagrange angeschlossen, und damit war im wesentlichen die heutige Stellung der Physik zur Theologie gegeben."

„Fast drei Jahrhunderte waren also nötig, bis die Ansicht, daß Theologie und Naturwissenschaft zwei verschiedene Dinge seien, von ihrem ersten

Diese Befreiung ist vor allem das Werk der Mechanik. Dem Historiker stellt sie sich als die Befreiung des wissenschaftlichen Geistes, als das endgültige und unbestrittene Aufkommen des Positivismus im weitesten Sinne des Wortes dar. Man kann die Mechanik als eine bloße partielle Systematisation der Physik hinstellen, so bleibt es doch gewiß, daß sie auf ihrem Gebiete der Ausdruck der gesunden wissenschaftlichen Tradition ist, wie sie von jeder dieses Namens würdigen Wissenschaft aufgenommen werden wird. Wenn die Wissenschaft die Prinzipien und die Konstruktion der Wissenschaft vermehren, sie überschreiten wird, so wird sie doch keinen Grund zu ihrer Verleugnung haben. Sie wird die Kette nicht mehr zerbrechen, sie wird ihr weitere Ringe einlöten.

Die Maximum- und Minimum-Lösungen, die kürzesten Wege, auf welchen sich bestimmte Bewegungen stets auszubreiten scheinen, das Prinzip der kleinsten Wirkung — das alles hat mit dem Vorurteil einer vorgeblichen Ökonomie der Natur und einer weisen Vorsehung nichts zu tun, da man ebensoviel Beweise für die erstaunlichste Verschwendung und den durchaus nicht

---

Aufkeimen bei Kopernikus bis Lagrange sich zur vollen Klarheit entwickelt hat." —
„Mit der Erweiterung des Gesichtskreises durch die großen geographischen, technischen und naturwissenschaftlichen Entdeckungen und Erfindungen des 15. und 16. Jahrhunderts, mit der Auffindung von Gebieten, auf welchen mit dieser Anschauung nicht auszukommen war, weil dieselbe vor Kenntnis dieser Gebiete sich gebildet hatte, weicht allmählich und langsam dieses Vorurteil. Schwerverständlich bleibt immer die große Freiheit des Denkens, die im frühen Mittelalter vereinzelt, zuerst bei Dichtern, dann bei Forschern auftritt. Die Aufklärung muß damals das Werk einzelner ganz ungewöhnlicher Menschen gewesen sein und nur an ganz dünnen Fäden mit den Anschauungen des Volkes zusammengehangen haben, mehr geeignet, an diesen Anschauungen zu zerren und sie zu beunruhigen, als dieselben umzugestalten. Erst in der Literatur des 18. Jahrhunderts scheint die Aufklärung einen breiteren Boden zu gewinnen. Humanistische, philosophische, historische und Naturwissenschaften berühren sich da und ermutigen sich gegenseitig zu freierem Denken. Jeder, der diesen Aufschwung und diese Befreiung auch nur zum Teil durch die Literatur miterlebt hat, wird lebenslänglich ein elegisches Heimweh empfinden nach dem 18. Jahrhundert" (Die Mechanik, S. 487 f.).

weisen Zufall erbringen kann.[1]) „Es klingt also viel weniger erhaben, ist aber dafür viel aufklärender, ist zugleich richtiger und allgemeiner, wenn man, statt von dem Ersparungsbestreben der Natur zu sprechen, sagt: Es geschieht immer nur so viel, als vermöge der Kräfte und Umstände geschehen kann.“[2])

Der Mechanismus war ganz einfach die Anwendung dieses ersten definitiven Werkes des wissenschaftlichen Geistes auf alle Naturvorgänge: eine vorzeitige und metaphysische Anwendung, die aber doch eine wichtige und notwendige Periode der Entwicklung der Physik ist. „Wenn die französischen Encyklopädisten des 18. Jahrhunderts dem Ziel nahe zu sein glaubten, die ganze Natur physikalisch-mechanisch zu erklären, wenn Laplace einen Geist fingiert, welcher den Lauf der Welt in alle Zukunft anzugeben vermöchte, wenn ihm nur einmal alle Massen mit ihren Lagen und Anfangsgeschwindigkeiten gegeben wären, so ist diese freudige Überschätzung der Tragweite der gewonnenen physikalisch-mechanischen Einsichten im 18. Jahrhundert verzeihlich, ja ein liebenswürdiges, edles, erhebendes Schauspiel, und wir können diese intellektuelle, einzig in der Geschichte dastehende Freude lebhaft mitempfinden.“[3])

In diesem Stadium befriedigt übrigens die Wissenschaft schon die meisten Bedürfnisse des wissenschaftlichen Geistes. Aber seine allgemeine Methode weist ein charakteristisches Merkmal auf, welches sie in der Folge verlieren muß, um die äußersten Grenzen der Positivität zu erreichen. Diese Methode ist eine Methode synthetischer Deduktion, analog der geometrischen Methode Euklids; sie beruht auf molekularen und mechanischen Hypothesen, welche in der Physik die Rolle der räumlichen Anschauungen, der Figuren in der griechischen Geometrie spielen. Newton wendet sie in seinen „Principia philosophiae naturalis“ an. Sie besteht in der Ableitung der Folgen aus einigen positiven Grundtatsachen, auf Grund deren man sich mittels rationeller Konstruktionen typische Bilder machte, welche den beständigen Rekurs auf die Beobachtung zu ersparen vermögen. Durch deren Kombination leitet man aus ihnen kompliziertere

[1]) A. a. O. S. 489.
[2]) A. a. O. S. 490.
[3]) A. a. O. S. 493.

und speziellere Fälle oder die normalen Anwendungen ab. Aber schon in der Mechanik, wo die geometrischen Konstruktionen doch ein hinreichendes Werkzeug darstellen, führt die Anwendung der synthetischen Methode oft zu unnützen Kunstgriffen und Komplikationen.[1]) Laplace bemerkt, die Entdeckung der Newtonschen Theoreme sei nach der Art seiner Darlegungen nicht wahrscheinlich. Dessen Darlegung ist weniger offen als die Galileis und Huyghens. Die Bedürfnisse der logischen Strenge haben ihn zu einer allgemeinen Disposition geführt, die für die Demonstration sich eignet, der Vernunft angemessen ist, aber sich von den experimentellen Beziehungen und der natürlichen Ordnung der Dinge recht fern hält.

Ohne die durch die Entwicklung des wissenschaftlichen Geistes seit der Renaissance aufgestellten Regeln aufzugeben, konnte man mit Recht sie besser anzuwenden suchen. Der wissenschaftliche Geist, der alles mittels natürlicher und einsichtiger Gründe erklären, uns eine reale Erfassung der Dinge, klare und deutliche Vorstellungen bieten will, kann sich anders, besser als mittelst der synthetischen und geometrischen Methode,[2]) befriedigen.

Konnte nicht Decartes die Geometrie von den Einschränkungen, welche ihr durch die Berücksichtigung der Figuren, des Materials und Werkzeugs der Euklidschen Demonstration erwuchs, befreien, und zwar ohne daß er eine Regel der mathematischen Methode oder eines der von den Mathematikern aufgestellten Hauptprinzipien überschritt? Er geht im Gegenteil bei der Anwendung dieser Regeln bis zum Äußersten. Er reduziert die Demonstration auf ihr Minimum von Gegebenheiten und auf ihr Maximum an Allgemeinheit, Einfachheit und Strenge. Mittelst des Zahlbegriffes kann er, vermöge des Gebrauches der Koordinaten, nicht allein die Algebra, sondern auch die Geometrie konstruieren, und die Infinitesimalanalyse wird dieses Werk vollenden.

Diese Methode wurde im Gegensatz zur geometrischen, synthetischen Methode als analytisch bezeichnet. Anstatt Ele-

---

[1]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 429.
[2]) A. a. O. 456, 457.

mente zu setzen und aus ihnen durch Konstruktionen, Figuren und Zusammensetzung Folgesätze zu gewinnen, sucht man die Gültigkeitsbedingungen eines Lehrsatzes oder der Eigenschaften einer Figur auf, indem man von deren Konstruktion zu abstrakten Prinzipien, Axiomen und Definitionen zurückgeht, die an sich für eine solche bestimmte Konstruktion indifferent sind. Es wird nicht mehr gezeigt, wie aus einfacheren, wirklichen Elementen komplexe Tatsachen sich zusammensetzen, sondern wie aus komplexen Relationen sich allgemeinere Beziehungen ableiten. Das wissenschaftliche Denken hat es nicht mit einer Materie, sondern mit Relationen, Formen, Verknüpfungen von Prinzipien zu tun. Daher gebraucht Mach den Ausdruck „formell", wenig befriedigt durch den Terminus „analytisch", der zur Bezeichnung jener neuen Forschungsweise dient; denn jede Systematisation bleibt notwendig synthetisch. Nach der rationalen, deduktiven und figurativen Phase, welche auf den ursprünglichen chaotischen Empirismus folgt, muß die Wissenschaft — dies ist ihr letztes Ziel, ihre Vollendung, der Abschluß ihrer methodologischen Entwicklung — ebenfalls eine rationale und deduktive (oder demonstrative), aber jetzt nicht mehr formelle und figurative Phase erreichen.[1])

Die zur Zeit der Renaissance eingeleitete Wissenschaftsentwicklung muß demnach zunächst eine figurative und konstruktive Phase passieren, als den wahren Beginn der rationalen Wissenschaft, d. h. der selbstbewußt gewordenen Wissenschaft, sodann eine formelle Phase, als den Abschluß und das Resultat der figurativen Phase.

Die analytische Mechanik hat diesen Prozeß bei Euler und Lagrange[2]) durchgemacht; die Energetik ist nichts anderes als der Beginn dieser Durchführung in der Physik, wie der Mechanismus für diese die analoge, konstruktive und figurative geometrische Phase bildete. Die Energetik wird daher wesentlich eine analytische oder algebraische Physik, eine Anwendung der Algebra auf die Physik sein.[3])

---

[1]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 461.

[2]) Die Mechanik, S. 495.

[3]) Die Geschichte u. d. Wurzel d. Satzes von d. Erhaltung d. Arbeit, S. 46; Prinzip. d. Wärmelehre, S. 438, 461.

Wir sehen, wie die Anschauungen Machs mit denen von Rankine unmittelbar zusammenhängen. Rankine wollte für die Physik das tun, was Lagrange für die Mechanik geleistet hatte. Er findet, die Mechanik sei das Muster einer wissenschaftlichen Konstruktion. Anstatt nun die ganze Physik in Mechanik aufzulösen, was das unerreichbare Ziel des Mechanismus ist, will er, die Physik solle ihren Gegenstand so behandeln wie die Mechanik den ihren. Die theoretische Physik ist nicht auf Mechanik zurückzuführen, mit ihr zu verschmelzen, sondern sie hat bloß vorzugehen wie die Mechanik. Nicht eine Verschmelzung, ein analoges Verfahren ist anzustreben.

3. Diese allen Naturwissenschaften, wenn sie das Ziel ihrer methodischen Entwicklung erreicht haben, gemeinsame Methode ist durch ihre Prämissen charakterisiert: allgemeine Prinzipien, welche nur algebraische Größen ins Spiel treten lassen und aus denen sich die vielfältigen Beziehungen zwischen den Vorgängen mathematisch ableiten lassen; ferner durch ihr Ziel: die Denkökonomie; durch ihre Resultate: eine allgemeine Synthese unserer Erkentnisse; endlich durch ihren Wert: sie ist eine Analyse der Wahrnehmungen.

Betrachten wir zunächst die Prinzipien, welche die Prämissen der Energetik bilden. Welches sind diese Prinzipien? Willkürliche Definitionen? In keiner Weise. Die fundamentalen Konventionen einer durch die Erfahrung eingegebenen Sprache? Ebensowenig; oder aber es ist dies eine latente und unbewußte Eingebung, deren Natur und Form durchaus verschieden sind, so sehr, daß ein Vergleich mit dem, was man unter Eingebung versteht, unmöglich ist.

Nach Mach handelt es sich um einen unmittelbaren Einfluß der Erfahrung, beiläufig so wie für den englischen Empirismus, insbesondere J. St. Mill; es ist eine Gewohnheit, die der Geist annimmt, indem er sich dem Naturmilieu, in welchem er sich entwickelt und welches er kennen lernt, anpaßt.[1] Die Erfahrung entwirft gleichsam durch die Spuren, die sie in unserem Geist hinterläßt, die allgemeinen Prinzipien der Physik und die Grundlinien der Systematisation, wie ein Fluß durch die langsame,

[1]) Populärwissensch. Vorlesungen, S. 243 ff., 16, 75, 219.

stetige Wirkung seiner Gewässer sich sein Bett gräbt. Dieser latente, aber ununterbrochene Einfluß der Erfahrung auf die ganze Wissenschaftsentwicklung beherrscht also nicht bloß die Einzelentdeckungen, sondern auch die Systematisation und die Endform, welche diese anzunehmen bestrebt ist. Wir sehen ohne weiteres sowohl die Bedeutung und den Wert als auch den Sicherheitsgrad und den hohen objektiven Gehalt der obersten Prinzipien. Nicht auf das individuelle Bewußtsein des Forschers und auf das wissenschaftliche Genie wirkt übrigens die Erfahrung so, sondern auf die Gattungsintelligenz und das Gattungsgenie. So sehr, daß die Prinzipien der Physik von der Konstitution des menschlichen Geistes abhängig sind, daß sie nur so sein können, wie sie sind und daß die theoretische Physik auf einen Empirismus sich gründet, der dem der Spencerschen Psychologie[1]) verwandt ist und sich der logischen Notwendigkeit so nähert, wie die Kurve ihrer Asymptote.

Die Entwicklungsgeschichte der Mechanik, ihre Urgeschichte, bietet nach Mach „ein einfaches und lehrreiches Beispiel der Prozesse, durch welche die Naturwissenschaft überhaupt zustande kommt. Die instinktive unwillkürliche Kenntnis der Naturvorgänge wird wohl stets der wissenschaftlichen willkürlichen Erkenntnis, der Erforschung der Erscheinungen vorausgehen... Die Erwerbung der elementarsten Erkenntnisse fällt sogar sichtlich nicht dem Individuum allein anheim, sondern wird durch die Entwicklung der Art vorbereitet".[2])

Mach führt als Beispiel die Entwicklung der Statik, insbesondere die Arbeiten des Archimedes, Stevins, Galileis, Bernoullis an. Er stützt sich darauf, daß die von diesen Mathematikern gegebenen Demonstrationen der obersten Prinzipien der Statik illusorisch sind. Sie machen sie verständlich, klar, aber diese Prinzipien schließen stets eine Berufung auf die Beobachtung ein. Nicht die Demonstration, die Erfahrung, eine latente Erfahrung begründet sie. Alle versuchten Demonstrationen enthalten in mehr oder weniger entfernter Weise das fragliche

---

[1]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 67, 68, 407; Populärwissensch. Vorles., S. 16, 219, 251.

[2]) Die Mechanik, S. 1.

Prinzip. Dieses, welches dem Bewußtsein des Forschers instinktiv gegenwärtig ist, gibt ihnen erst ihre Geltung. Die Ursprünge dieser Prinzipien aber, dieser instinktiven Überzeugungen, liegen in der Gattungserfahrung: Der Forscher präzisiert und formuliert sie nur logisch.

Gewiß weist der wissenschaftliche Fortschritt eine unleugbare Zufälligkeit auf. Die wichtigsten Prinzipien der Statik sind durch die Betrachtung des Gleichgewichts der festen Körper erworben worden. Es ist dies der historische, aber keineswegs der einzig mögliche und notwendige Weg. Die verschiedenen, von Archimedes, Stevin, Galilei u. a. angewandten Methoden bezeugen uns dies zur Genüge; diese Feststellung drängt sich jedem Historiker auf. Die komplizierten Entdeckungen des wissenschaftlichen Denkens sind in gewissem Maße vom Zufall abhängig, ebenso wie die Entwicklung einer bestimmten Gesellschaft. Die Entwicklungsordnung hat stets Gelegenheitsursachen.

Wir dürfen aber die Macht dieser Ursachen nicht überschätzen. Sie wirken nicht im Leeren, sondern auf einen bereits bereitliegenden Stoff. Daraus folgt, daß sie der betreffenden Entwicklung eine bestimmte Richtung geben können; aber diese war nur in einem, durch die Natur der Phänomene selbst abgegrenzten Gebiete möglich. Daraus, daß die Reformation die Exkommunikation Luthers zur Gelegenheitsursache gehabt hat, dürfen wir nicht folgern, eine analoge Bewegung hätte sich ohne Luthers Existenz nicht ereignet. Und doch erlauben sich manche Logiker einen Schluß dieser Art, wenn sie in der Entwicklung der Wissenschaften die unbestreitbare Wirkung von Gelegenheitsursachen bemerken und behaupten, diese Entwicklung sei an sich und als Ganzes zufällig und willkürlich. Wenn die Aufmerksamkeit sich zufällig auf diese oder jene Seite der Erscheinungen gerichtet hätte, so wäre unsere Wissenschaft eine andere geworden. Mach lehnt diese Betrachtungsweise durchaus ab. Die historischen Umstände der Wissenschaftsbegründung hätten verschieden sein können, aber — und das ist das Wesentliche — das Zustandegekommene wäre schließlich mit dem intellektuell Erworbenen zusammengefallen. Die Grundsätze der Statik hätten auch durch das Studium der Flüssigkeiten gefunden werden können. Stevin nähert sich gewiß dieser Entdeckung sehr.

Aber diese Prinzipien wären nicht anders gewesen als sie es sind; die so begründete Mechanik wäre im Kerne dieselbe wie die unsrige.

Zu ähnlichen Schlußfolgerungen bringt uns das Studium der Entwicklung der Mechanik. Die von Galilei, Huyghens und Newton aufgestellten Prinzipien sind nur latente Antizipationen der allgemeinen Erfahrung, im Unbewußten aufgespeichert und durch diese Forscher anläßlich präziser Tatsachen klar dargelegt. Der deduktive Apparat aus als a priori hingestellten Prinzipien verhüllt nur die vorangegangene Tatsachenbeobachtung. Stets ist es eine offenbare oder nicht offenbare Tatsache, was das Prinzip begründet und die Deduktion stützt. Die vorgebliche Demonstration der Prinzipien oder die sogenannte Evidenz eines Axioms schließt unweigerlich eine experimentelle Feststellung ein.[1]) Dies ist gewiß nicht neu und ich glaube nicht, daß man, ob jetzt von einer Eingebung der Erfahrung oder praktischen Verwertung gesprochen wird, sich dieser Deutung widersetzt.

Das Originelle bei Mach aber ist die Art seiner Begründung. Statt einer vagen und allgemeinen Erörterung nimmt er die Sätze und Beweisführungen Galileis, Huyghens und Newtons, analysiert sie mit großer Schärfe nacheinander und zeigt, daß sie in einem bestimmten Momente die empirische Feststellung der Tatsache einschließen. Nur unter dieser Bedingung sind sie logisch, gelten sie. Nehmen wir rasch die acht ersten Definitionen, die drei Grundgesetze der Bewegung und deren Korollare, wie sie Newton an die Spitze der „Principia philosophiae naturalis" gestellt hat.

„Definition 1. Die Menge der Materie wird durch ihre Dichtigkeit und ihr Volumen vereint gemessen. — Diese Menge der Materie werde ich im folgenden unter dem Namen Körper oder Masse verstehen, und sie wird durch das Gewicht des jedesmaligen Körpers bekannt. Daß die Masse dem Gewicht proportional sei, habe ich durch sehr genau angestellte Pendelversuche gefunden, wie später gezeigt werden wird."

„Definition 2. Die Größe der Bewegung wird durch die Geschwindigkeit und die Menge der Materie vereint gemessen".

[1]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 67ff. Analyse der Empfind., S. 116, 233.



„Definition 3. Die Materie besitzt das Vermögen, zu widerstehen; deshalb verharrt jeder Körper, soweit es an ihm ist, in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung."

„Definition 4. Eine angebrachte Kraft ist das gegen einen Körper ausgeübte Bestreben, seinen Zustand zu ändern, entweder den der Ruhe oder den der gleichförmigen geradlinigen Bewegung."

„Definition 5. Die Zentripetalkraft bewirkt, daß ein Körper gegen irgendeinen Punkt als Zentrum gezogen oder gestoßen wird oder auf irgendeine Weise dahin zu gelangen strebt."

„Definition 6. Die absolute Größe der Zentripetalkraft ist das größere oder kleinere Maß derselben, nach Verhältnis der wirkenden Ursache, welche vom Mittelpunkte nach den umgebenden Teilen sich fortpflanzt."

„Definition 7. Die Größe der beschleunigenden Zentripetalkraft ist proportional der Geschwindigkeit, welche sie in einer gegebenen Zeit erzeugt."

„Definition 8. Die Größe der bewegenden Zentripetalkraft ist der Bewegungsgröße proportional, welche sie in seiner gegebenen Zeit erzeugte."

„Man kann der Kürze wegen diese auf dreifache Weise betrachtete Größe der Kraft absolute, beschleunigende und bewegende Kraft nennen und sie zu gegenseitiger Unterscheidung auf die nach dem Mittelpunkt strebenden Körper, den Ort der Körper und den Mittelpunkt der Kräfte beziehen."

— — — — — — — — — — — — — — — — — —

„1. Gesetz. Jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, einen Zustand zu ändern."

„2. Gesetz. Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt."

„3. Gesetz. Die Wirkung ist stets der Gegenwirkung gleich, oder die Wirkungen zweier Körper aufeinander sind stets gleich und von entgegengesetzter Richtung."

„Diesen drei Gesetzen schließt **Newton** mehrere Zusätze an. Der 1. und der 2. Zusatz beziehen sich auf das Prinzip des Kräftenparallelogramms, der 3. auf die bei der Gegenwirkung erzeugte Bewegungsquantität, der 4. auf die Unveränderlichkeit des Schwerpunktes durch die Gegenwirkung, der 5. und 6. auf die relative Bewegung.“ [1])

Die erste Definition ist nur scheinbar eine solche. Der Begriff der Masse läßt sich nur aus den dynamischen Beziehungen der Körper, d. h. aus empirischen Tatsachen ableiten. Die übrigen Definitionen sind Regeln für die Berechnung oder Ausdrücke des Kraftbegriffs, der empirischen Ursprungs ist, denn er ist die Veränderung des Bewegungs- oder Beschleunigungszustandes. Das 1. u. 2. Gesetz sind beide in dem empirischen Kraftbegriff enthalten. Sie sind der Ausdruck des Trägheitsgesetzes, zu dessen Formulierung man nur zu sagen braucht, daß die gegebenen Definitionen nicht willkürlich und mathematisch sind, sondern erfahrungsmäßigen Eigenschaften der Körper entsprechen. Das 3. Gesetz (Wirkung und Gegenwirkung) ist selbst eine Konsequenz aus einem klaren Massenbegriff, dessen Erwerbung nur durch dynamische Erfahrungen möglich ist. Zusatz 1 bezieht sich auf das Prinzip der Unabhängigkeit der Bewegungen, welches nur eine Erfahrungstatsache ist und sein kann, usw. So sind denn die Definitionen, Gesetze und Grundaxiome der Newtonschen Mechanik auf Erfahrungstatsachen gegründet, die in Wahrheit auf die Auffindung einer einzigen großen Tatsache hinauslaufen: „Verschiedene Körperpaare bestimmen unabhängig zu einander an sich selbst Beschleunigungspaare, deren Glieder das für jedes Körperpaar charakteristische unveränderliche Verhältnis darbieten“. Diese Tatsache besagt nur, daß es Beschleunigungen und Massen gibt. Und die Geschichte der Dynamik ist nichts anderes als die schrittweise Auffindung dieser großen Tatsache durch **Galilei**, **Huyghens** und **Newton**. Das Gesetz des freien Falles, das Trägheitsgesetz, das Pendelgesetz, der Arbeitsbegriff, das Prinzip des Kräftenparallelogramms, der Massenbegriff usw. — das sind die Phasen der Entdeckung. Diese Geschichte zeigt zur Evidenz, daß, wenn auch zufällige Umstände dem wissenschaftlichen Ent-

---

[1]) **Mach**, Die Mechanik, S. 253 f., 256.

wicklungsprozeß bestimmte Richtungen gegeben haben, die Wissenschaft doch nicht durchaus konventionell und willkürlich ist. Ein Teil zwar ist konventioneller Art, nämlich die ausgewählten Definitionen, also die Art der Grundeinheiten, die Ordnung oder Verknüpfung der Prinzipien. Aber der Sinn dieser Prinzipien, der Wissenschaftsgehalt ist es nicht, weil er schließlich nur die Entwicklung von Tatsachen ist, welche, empirischen Ursprunges, von unserer persönlichen Auffassung unabhängig sind. Die Forschungsergebnisse und der reale Gehalt der Wissenschaft entwickeln sich also, aber in ziemlich geradliniger Richtung.[1])

Sind denn nicht die Prinzipien, auf die sich die formale Darstellung jeder physikalischen Theorie stützt, die viel realistischeren Gesetze, welche deren deduktive Konstruktion beherrschten? Nur sind es diese Gesetze in ihrem Maximum an Klarheit, Begreiflichkeit und Bequemlichkeit. Die Gesetze der deduktiven Konstruktion wiederum, z. B. die Definitionen der Newtonschen Mechanik, da Mach die Grenze der deduktiven Entwicklung der Mechanik in sie setzt, sind bloß das Resultat der langsamen Akkumulation der Beobachtungen und Erfahrungen in der empirischen, ursprünglichen Phase der Wissenschaft. Alle Erweiterung in der formellen Periode, alle Verallgemeinerung in der deduktiven, alle Entdeckung in der empirischen Periode entspringt also nur dem latenten und verworrenen Einfluß der Erfahrung, den Konsequenzen, Beziehungen und der realen Ordnung der Naturvorgänge. Sie sind der Ausdruck der Eigenschaften und Gesetze der Dinge, welche allmählich in die wissenschaftliche Systematisierung eingehen. Von der empirischen Entdeckung zur formellen Systematisation besteht ein Fortschritt an Klarheit und Handlichkeit, aber es waltet hier ein durch die Prinzipien der wissenschaftlichen Entdeckung selbst geleiteter einziger und ein-

---

[1]) Die zahlreichen Prioritätsfragen, denen der Historiker der Physik begegnet, sind hieraus zu erklären und zu beantworten. Daß diese Fragen auftreten, ist für Mach eine Bestätigung seiner Anschauungen über die Prinzipien der theoretischen Physik. Er hat ausführlich gezeigt, daß oft gleichzeitig vielfältige Äußerungen eines und desselben Gedankens auftreten; sie entspringen der notwendigen Entwicklung der allgemeinen Begriffe der Physik unter dem Drucke der Tatsachen, dem Zwange der objektiven Erfahrung.

heitlicher Prozeß, welcher die Gesetze des Wirklichen allmählich entdeckt und vergleicht.

Die Energetik beansprucht also, in ihren von der Wahrnehmungswelt scheinbar weitest entfernten Abstraktionen, die phänomenale Objektivität der Erfahrung darzustellen. Die Urprinzipien sind die allgemeinsten Beziehungen, die eine ständige Berührung mit dem Objekt schließlich unserem Geiste aufgedrängt hat.

4. Sind aber die Prinzipien das Ergebnis einer zwischen Ausgangs- und Mündungspunkt von der Erfahrung ausgehenden Entwicklung, so bleibt doch die Tatsache einer Entwicklung überhaupt bestehen. Die Prinzipien gleichen nicht mehr den empirischen Gesetzen. Bei der deduktiven Konstruktion der Wissenschaft, welche für die Physik die Periode der Molekularhypothesen und des atomistischen Mechanismus war, konnte man zweifellos sich damit begnügen, in den Prinzipien die bloße, durch die Erfahrung geleitete Ausdehnung und normale Verallgemeinerung der empirischen Gesetze zu erblicken. Daher hielt sich die Physik in dieser Periode für die treue Kopie der Wirklichkeit. Der naive Realismus der Korpuskularphysik hat keinen anderen Grund. Die kritische Geschichte der formellen Periode aber führt uns zu anderen Folgerungen, sie zeigt uns, daß die durch die Verallgemeinerung der empirischen Gesetze geleistete Arbeit nicht bloß eine Verallgemeinerungs- und Erweiterungsarbeit, die bloße Fortsetzung der experimentellen Arbeit war. Eine andere, tiefere Arbeit gestaltete ohne unser Wissen die wissenschaftlichen Prinzipien und Konstruktionen um. Die Hypothesen waren nicht der getreue Ausdruck der experimentellen Feststellungen, aber sie deuten sie in einem bestimmten Sinne, unter dem Einflusse von Leitgedanken, welche von der Idee treuer Abspiegelung der Natur sich weit entfernten. Diese Leitgedanken sind es, was die formelle Periode der wissenschaftlichen Entwicklung besonders klar beleuchtet, denn sie verdrängen in dieser Zeit jeden anderen Einfluß auf den Erkenntnisfortschritt. Sie machen uns den wahren Sinn der Entwicklung der wissenschaftlichen Sätze verständlich und zeigen, wie diese, indem sie an ihre Erfahrungsgrundlage eng gebunden bleiben, mehr eine Deutung derselben als eine einfache Abspiegelung werden. Wir dürfen

aber deshalb nicht meinen, die Wissenschaft ändere hier ihr Verhalten und ihre Methode, denn diese Leitideen waren schon in den früheren experimentellen Forschungen mit enthalten. Die Stetigkeit des wissenschaftlichen Prozesses ist also nirgends unterbrochen, ebensowenig das Band, welches ihn an die Erfahrung knüpft und so dessen Objektivität sicherte. Nur reagiert naturgemäß die Erkenntnisfunktion auf die Erfahrung, deren Einfluß sie erlitten. Ist die Erkenntnis ein Eindruck des Objekts auf den Geist, so ist sie zugleich auch eine Arbeit des Geistes am Objekt oder besser an der unmittelbaren Erkenntnis derselben. Die Erkenntnis ist die gemeinsame Wirkung des Erkennenden und des Erkannten. In diesem Sinne sind die Theorie und die Geschichte der Wissenschaft eine wahre Psychologie, und Mach bemerkt oft in seinen zahlreichen kritischen und historischen Arbeiten, er stelle im ganzen nur psychologische Beobachtungen an.[1])

5. Die Arbeit des Geistes an den Ergebnissen der Erfahrung ist übrigens keine Alteration der Erfahrung; sie ist vielmehr nur ein Mittel zu ihrem besseren Verständnis oder Ausdruck. Sie bleibt, wie Mach sich stark ausdrückt, eine Anpassung.[2])

Diese Anpassung hat ein Leitprinzip, welches in der Energetik der Gegenwart, in den modernen wissenschaftlichen Theorien und namentlich in den Arbeiten Machs eine außerordentliche Rolle spielt: das Prinzip der „Denkökonomie“.

Alle Wissenschaften, besonders aber die physikalisch-chemischen Wissenschaften, streben nach der Darstellung der größten Tatsachenmenge durch die kleinste Anzahl von Formeln. Wenn der Forscher zunächst die Erfahrung in einer großen Anzahl empirischer Gesetze verdichtet, wenn er diese dann in der deduktiven und mechanistischen Phase auf eine sehr geringe Menge derselben zurückführt, wenn er endlich in der formellen Phase ein Schema, welches für die ganze Entwicklung einer Wissen-

---

[1]) Die Mechanik, S. 527; Prinzip. d. Wärmelehre, Vorwort zur 1. Aufl.

[2]) Populärwissensch. Vorles., S. 221, 222, 243 ff,

[3]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 437 ff.; Populärwissensch. Vorles., S. 267 ff.

schaft ausreicht, aufstellt, so geschieht es, um zum klarsten, folglich leichtest begreiflichen und mitteilbaren, am bequemsten anwendbaren System zu gelangen. Die Erfahrung erfährt seitens der Tätigkeit des Forschers keine anderen Modifikationen, als jene, welche geistige Kraft zu ersparen vermögen. Es ist dies das aus dem Gebiete der Mechanik in das der Psychologie und Logik und sodann auch in die Wissenschaftslehre hineingetragene Prinzip der kleinsten Wirkung und der größten Arbeit.

„Es handelt sich dann darum, die vorkommenden und nachzubildenden Tatsachen in eine übersichtliche Ordnung, in ein System zu bringen, so daß jede einzelne mit dem geringsten Aufwand gefunden und nachgebildet werden kann. In diese Anweisungen zur Nachbildung trachtet man, die möglichste Gleichförmigkeit zu bringen, sodaß dieselben anzueignen sind. Man bemerkt, daß die Perioden der Beobachtung, Deduktion und der formellen Entwicklung nicht scharf voneinander getrennt sind, sondern daß diese verschiedenen Prozesse häufig nebeneinander hergehen, wenngleich die bezeichnete Aufeinanderfolge im ganzen unverkennbar ist.“ [1]) Jede Wissenschaft will Erfahrungen mittelst der Kopie und Abbildung der Tatsachen durch das Denken ersetzen und ersparen. Denn diese Kopie ist handlicher als die Erfahrung selbst und läßt sich ihr in mancher Beziehung substituieren. Beweis dafür sind die allgemeine Demonstration, die Mitteilung der Wissenschaft durch den Unterricht, die Existenz einer Universalschrift (der mathematische Algorithmus), ebenso die der Wissenschaft unentbehrliche Abstraktion und die Anwendung des Kalküls.

Alle Wissenschaft hat die Funktion, Erfahrung durch möglichst kurze Gedankenoperationen zu ersetzen.

Wir sehen nun, daß man bei einer solchen Auffassung der geistigen Arbeit, welche die objektiven Daten der Erfahrung modifiziert, nicht sagen kann, daß diese alteriert werden und an Objektivität verlieren. Die Tätigkeit des Forschers tritt nur ins Spiel, um einem System, in dem nicht nur die Elemente, sondern auch die Verbindungen offenkundig oder verborgen aus

[1]) Die Mechanik, S. 453.

dem Objekt entspringen, eine bequeme Form zu geben.[1] Abhängig ist vom Forscher nur die Projektionsweise, welche er zu dessen Darstellung wählt. Und auch hier muß er eine gewisse Perspektive berücksichtigen, in dem Sinne, daß der Gesichtswinkel, unter dem er das Objekt betrachtet, nicht von ihm, sondern von den latenten, durch die Erfahrung in ihm hinterlassenen Spuren abhängt.[2]

Die Systematisierung ist also auf einmal Herrin über ihre Prinzipien, denn diese entspringen einer Erziehung, ja noch mehr, einer uralten, kollektiven Bildung des wissenschaftlichen Geistes der Art unter dem Einflusse der allgemeinen Erfahrung.

„Alle Wissenschaft hat nach unserer Auffassung die Funktion, Erfahrung zu ersetzen. Sie muß daher zwar einerseits in dem Gebiete der Erfahrung bleiben, eilt aber doch anderseits der Erfahrung voraus, stets einer Bestätigung aber auch Widerlegung gewärtig. Wo weder eine Bestätigung noch eine Widerlegung möglich ist, dort hat die Wissenschaft nichts zu schaffen.“[3]

Mach kommt in allen seinen Erörterungen betreffs des, von Kirchhoff, Hertz, Grassmann, mehr oder weniger ausdrücklich akzeptierten Prinzipes der Denkökonomie darauf zu sprechen, dieses Prinzip führe nichts Willkürliches ein, sondern sei vor allem den Erfahrungsdaten untergeordnet.[4]

---

[1]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 436.

[2]) Analyse d. Empfind., S. 19.

[3]) Die Mechanik, S. 519; Analyse d. Empfind., S. 64 ff.; Populärwiss. Vorles., S. 215 ff., 246 ff.; Prinzip. d. Wärmelehre, S. 394 u. Vorwort; Grassmann, Ausdehnungslehre, 1844, S. 19.

[4]) Dieses Prinzip hat in der Erkenntniskritik eine lebhafte Polemik wachgerufen, besonders bei Petzoldt (Vierteljahrsschrift f. wissenschaftl. Philos. 1891) und Husserl (Log. Untersuch. 1900). Bei der Verteidigung seiner Anschauungen erklärt Mach, daß sich das System einer Wissenschaft aus denselben Prinzipien in verschiedener Weise ableiten läßt, aber eine dieser Entwicklungen entspricht dem Ökonomieprinzip besser als ein anderes, und dieses wird gewählt. Daraus könnte vielleicht auf eine durch nicht-objektive Gründe bestimmte Wahl und auf eine mögliche Vielheit theoretischer Physiken geschlossen werden. Es braucht aber nur bemerkt zu werden, daß Mach dieselben Prinzipien zum absoluten Ausgangspunkt aller wissenschaftlichen Systematisierung nimmt. Das Willkürliche würde also nur in der Darstellungsart einer an sich einzigen und notwendigen Physik sein. Hier ist keinerlei Anlaß zu einer subjektivistischen oder skeptischen Deutung gegeben.

6. Geht die Arbeit Machs über die Mechanik nicht völlig über diese Leitidee hinaus? Die Geschichte ist zur Begreiflichkeit der Wissenschaft nötig und sie stellt alle glücklichen und unglücklichen Bemühungen dar, um ein einziges System in einem progressiven Gange zu erreichen, wo selbst die Irrtümer vermöge einer quasilogischen Notwendigkeit sich fruchtbar erweisen.

Gewiß zeigt uns die Geschichte der Wissenschaften, daß die subjektiven wissenschaftlichen Anschauungen der Individuen betreffs des Universums stets durch andere korrigiert und erweitert werden. Man kann in der Weltanschauung der Menschheit lange Zeit nur die charakteristischen Merkmale der hervorragendsten Menschen wiederfinden. Aber: „Wenn wir die heutige Gesellschaft oft schwanken sehen, wenn sie ihren Standpunkt auch in derselben Frage je nach der Stimmung und Lebenslage wechselt, wie die Register einer Orgel, wenn dies nicht ohne tiefen Gemütsschmerz abgehen kann, so ist dies eine natürliche notwendige Folge der Halbheit und des Übergangszustandes ihrer Ansichten. Eine zureichende Weltanschauung kann uns nicht geschenkt werden, wir müssen sie erwerben! Nur dann aber, wenn man dem Verstande und der Erfahrung freien Lauf läßt, wo sie allein zu entscheiden haben, werden wir uns hoffentlich zum Wohle der Menschheit langsam, allmählich aber sicher, jenem Ideale einer einheitlichen Weltanschauung nähern, welches allein verträglich ist mit der Ökonomie eines gesunden Gemütes.“[1])

7. Die einheitliche Synthese der physikalischen Erkenntnisse, welche die Wissenschaft in ihrer formellen Entwicklung anstrebt, hat übrigens nicht bloß den Wert einer Ersparnis und harmonischen Zusammenstimmung; sie ist keine ästhetische Krönung der wissenschaftlichen Arbeit. Mach, welcher der Erfahrung und den objektiven Daten in jedem Stadium der wissenschaftlichen Konstruktion eine so große Rolle beimißt, hat nicht acht, hier von dieser zentralen Leitidee abzuweichen. Das Wort „formell“ hat nicht den rein formalistischen und scholastischen Sinn, den man ihm zu geben geneigt sein könnte, es bezeichnet keineswegs einen Zusammenhang willkürlicher Sätze, die alles Erfah-

[1]) Die Mechanik, S. 494 f.

rungsgehaltes ermangeln. So ist denn die aus der Erfahrung hervorgegangene und durch sie aufgenötigte, durch ihre Ergebnisse verifizierte oder besser ausgefüllte Systematisation geeignet, der experimentellen Forschung neue Dienste zu erweisen.

8. Der objektive Wert der Physik, den alle Vertreter der energetischen Anschauung nachdrücklich und beweiskräftig betonen, hat ihren letzten Grund eben in der Anschauung, die sich jene über den Gegenstand der Physik bilden. Sie läßt sich in zwei Sätzen zusammenfassen:

Das Wirkliche ist ein Inbegriff von Empfindungen, nichts weiter.

Alle Wissenschaften, namentlich die physikalisch-chemischen Disziplinen, sind eine Analyse der Empfindungen.[1])

Der erste Satz bedarf keiner Erläuterung, die übrigens der reinen Philosophie, nicht der Wissenschaftsgeschichte zukäme. Auf wissenschaftlich-positivem Gebiete geht die Erkenntnis sicher von der Empfindung aus, diese ist das Urgegebene, das sie bearbeitet und worauf sie stets zurückkommen muß. Die Empfindung oder Empfindungskomplexe — das ist die nackte Erscheinung, das Objekt.[2])

---

[1]) Analyse d. Empfind., S. 1 ff.

[2]) „Wenn wir Tatsachen in Gedanken nachbilden, so bilden wir niemals die Tatsachen überhaupt nach, sondern nur nach jener Seite, welche für uns wichtig ist, wir haben hierbei ein Ziel, welches unmittelbar oder mittelbar aus einem praktischen Interesse hervorgewachsen ist. Unsere Nachbildungen sind immer Abstraktionen. Auch hierin spricht sich ein ökonomischer Zug aus."

„Die Natur setzt sich aus den durch die Sinne gegebenen Elementen zusammen. Der Naturmensch faßt aber zunächst gewisse Komplexe dieser Elemente heraus, die mit einer relativen Stabilität auftreten und die für ihn wichtiger sind. Die ersten und ältesten Worte sind Namen für ‚Dinge'. Hierin liegt schon ein Absehen von der Umgebung der Dinge, von den fortwährenden kleinen Veränderungen, welche diese Komplexe erfahren und welche als weniger wichtig nicht beachtet werden. Es gibt in der Natur kein unveränderliches Ding. Das Ding ist eine Abstraktion, der Name ein Symbol für einen Komplex von Elementen, von deren Veränderung wir absehen. Daß wir den ganzen Komplex durch ein Wort, durch ein Symbol bezeichnen, geschieht, weil wir ein Bedürfnis haben, alle zusammengehörigen Eindrücke auf einmal wachzurufen. Sobald wir auf einer höheren Stufe auf diese Veränderungen achten, können wir natürlich nicht zugleich die Unveränderlichkeit

Das Ziel der Wissenschaft ist, uns eine Nachbildung dieses Objekts zu geben, und es wäre schwer, hierin realistischer zu sein als die Energetiker. Aber diese Nachbildung wäre wert- und nutzlos, wenn sie ein photographischer Abdruck der rohen Empfindung wäre. Ja, sie wäre unmöglich, weil die rohe Empfindung undenkbar ist und wir diese Abbildung in unserem Denken haben müssen. Psychologisch werden die Empfindungen, soweit wir sie beobachten können, durch die Übereinanderlagerung und Assimilation einer Vielheit ursprünglicher Gegebenheiten gebildet, so daß eine zur Vorstellung gewordene Empfindung in Wahrheit schon eine Beziehung zwischen mehreren Empfindungen, eine Wahrnehmung, des ihnen Gemeinsamen ist. Sie ist ein Gattungsbild.

Die Zerlegung dieses Gattungsbildes, die Gliederung der Einheit dieser ursprünglichen Vorstellung ist das wissenschaftliche Hauptverfahren. In diesem Sinne ist es stets eine Abstraktion, aber keine willkürliche, sondern eine durch die Art, wie sich die Erfahrung darstellt, geleitete Abstraktion. Jeder Erkenntnisakt, selbst der scheinbar rudimentärste, die primitive, spontane Vorstellung ist bereits eine Abstraktion. Die Wahrnehmung bewahrt von den komplexen Empfindungsmassen, deren Resultate sie ist, nur dasjenige, was vermöge des Interesses oder der Konstanz seines Auftretens unsere Aufmerksamkeit auf sich gelenkt hat. Sie hat sie von den anderen, mehr oder weniger unbewußt gewordenen, dissoziiert. Dieses von der Wahrnehmung eingeleitete Verfahren setzt das wissenschaftliche Denken fort. Ausgehend von der primitiven Wahrnehmung, dissoziiert sie nun das komplexe Wahrnehmungsbündel. In dieser neuen Dissoziation aber nähert sich das Denken, wiewohl es stets eine Nützlichkeitstendenz hat, da es sich und uns dem Denken anzupassen sucht, schrittweise, ohne sie vielleicht je zu erreichen, den primären Erfahrungsinhalten, den Empfindungen.

festhalten, wenn wir nicht zum ‚Ding an sich' und ähnlichen widerspruchsvollen Vorstellungen gelangen wollen. Die Empfindungen sind auch keine ‚Symbole der Dinge'. Vielmehr ist das ‚Ding' ein Gedankensymbol für einen Empfindungskomplex von relativer Stabilität. Nicht die Dinge (Körper), sondern Farben, Töne, Drucke, Räume, Zeiten (was wir gewöhnlich Empfindungen nennen) sind eigentlich die Elemente der Welt" (Die Mechanik, S. 512).

Diese Empfindungen: Farbe, Ton, Geruch, Druck, Widerstand, Bewegung, Temperatur, Dauer, Ausdehnung sind aber nicht das Ziel der wissenschaftlichen Forschung. An sich haben sie nichts Absolutes und Unveränderliches; die Idee eines Absoluten, Unveränderlichen, der Substanzbegriff ist ein metaphysischer Fetisch, der gefährlichste von allen. Das wissenschaftliche Denken, welches auf das geht, was wir Wahrheit nennen, hat ihn zu verbannen. Die Analyse der Empfindungen ist also bei Mach nicht die Zerlegung der komplexen, verworrenen Vorstellung des primären Wahrnehmungsinhaltes in Elementarempfindungen, die Aufsuchung einfacher Daten, deren Resultante die Wahrnehmungsinhalte wären. Das Mißtrauen Machs gegenüber dem Mechanismus, sein Streit gegen ihn hat wahrscheinlich den Umstand zum Ursprung, daß der Mechanismus vor unserer Epoche zu sehr bereit war, einfache Substanzelemente zu finden, welche durch ihre Zusammensetzung die physikalisch-chemischen Vorgänge erzeugen. Ist denn das nicht der definitive Charakter der deduktiven und figurativen Periode der Naturwissenschaften, welche mit Newton beginnt?

Mach verbleibt durchaus unter dem Einflusse der Psychophysik.[1]) Er faßt die Empfindung auf, wie sie ist, als etwas Relatives. Eine Empfindung ist, was sie ist, nur in Beziehung zu begleitenden, vorangehenden und nachfolgenden Empfindungen. Der Text hat nur durch den Kontext einen Sinn.

Mach denkt übrigens stark psychologisch. Seine Auffassung der Physik ist nicht ohne Zusammenhang mit einer Bemühung, eine, der Herbartschen verwandte psychophysische Anschauung auf ein anderes Gebiet zu verpflanzen. Alle Arbeiten der modernen Psychologie haben die Tendenz, uns zu zeigen, daß die Empfindung von sehr komplizierten Einflüssen abhängig ist,

---

[1]) Bekanntlich stellt das psychophysische (Fechnersche) Gesetz fest, daß zur Steigerung einer Empfindungsintensität der Reiz um so stärker sein muß, je stärker die Empfindung selbst schon ist. Die Intensitätszunahme einer Empfindung oder genauer, das Auftreten einer intensiveren Empfindung steht also in Beziehung zur Intensität der vorangegangenen Empfindung. Werden 2 g zu 2 g hinzugefügt, so merkt man die Zunahme des Gewichtes; vermehrt man 1 kg um 2 g, so spürt man nichts: Wir müssen ungefähr 300 g hinzufügen, damit wir merken, daß das ursprüngliche Gewicht von 1 kg zugenommen hat.

namentlich von allen, anderen Sinnen entspringenden Begleitempfindungen: wird nicht eine Lichtempfindung durch eine Schallempfindung merklich gesteigert, auch ohne experimentelle Vorbedingungen? Sie ist, was sie ist, vermöge ihrer Beziehungen und nur vermöge dieser.

Das Ideal der Wissenschaft ist dadurch eindeutig bestimmt. Sie hat die Relationen zu suchen, von denen unsere Empfindungen abhängig sind, ja, welche die Sinneserscheinungen konstituieren. In diesem Sinne ist die Wissenschaft eine Analyse unserer Empfindungen.

Sollen wir den Anteil der Physik an dieser Analyse noch genauer bestimmen nnd abgrenzen, so brauchen wir nur zu bemerken, daß die Relationen, von denen unsere Empfindungen abhängig sind, zweierlei Art sind. Die einen bleiben, was sie sind, bei jeglicher Beschaffenheit meiner Stellung im Raume, meines physiologischen Zustandes, der Zeugen; es sind von mir unabhängige Relationen, bei denen ich keine Rolle, höchstens die eines Registrators spiele. Es sind dies die äußeren Relationen, der Gegenstand der Naturwissenschaften. Die anderen hingegen werden durch mich beeinflußt, sind von meinem Eigenzustand abhängig, sind meinen Nachbarn nicht so wie mir gegeben. Diese Relationen, welche, wie wir bemerken, auf dieselben Empfindungen sich beziehen, wie die ersteren, sind von den Geisteswissenschaften zu analysieren.

Wir haben ein Stück Schwefel vor uns. Es ist beleuchtet oder im Dunkel, kristallisiert in bestimmter Weise, elektrisiert sich, gibt diese Widerstands-, Form-, Festigkeits-, Temperaturempfindung, letztere, je nachdem eine Quecksilbersäule in einem Kapillargefäß mehr oder weniger steigt. Alle diese Relationen, welche die Empfindungen, die mir der Schwefel verursacht, bestimmen, werden mir gegeben, gleichgültig wie und wo ich mich befinde; sie werden allen, die mit den Schwefel sich befassen, gegeben werden. Ich werde mich mit ihnen betreffs aller Ergebnisse der Analyse dieser ersten Empfindungskategorie verständigen; diese Ergebnisse sind objektiv, wir treiben hier Physik.

Nehme ich aber Alkohol oder Morphium zu mir, hat mein Auge dieses oder jenes Leiden, diese oder jene Halluzination, haben meine früheren oder gleichzeitigen Empfindungen die

Farben-, Geruchs-, Temperatur-, Form-, Druck-, Widerstandsempfindung, die dieses Schwefelstück in mir auslöst, modifiziert, erklären meine Nachbarn, sie hätten nicht dieselben Empfindungen, wie ich, so werde ich sagen, meine Empfindungen sind durch subjekive Relationen modifiziert. Die Analyse dieser Relationen, welche so angestellt wird, daß die Resultate für alle untersuchten Subjekte übereinstimmen, wird die psychologische Wissenschaft konstituieren.

Die so verstandene Empfindungsanalyse hat sozusagen keine Grenze, weder in ihrem physikalischen, noch in ihrem psychologischen Sinne. Daher ist jeder metaphysische Substanzbegriff sinnlos. Niemals werden wir sicher sein, keine neuen Relationen bei der Analyse der Empfindungen zu entdecken. Wir gelangen zu provisorisch unzerlegbaren Teilen. Diese Elemente bilden unter bestimmten Bedingungen regelmäßige Komplexe, indem sie sich nach konstanten und gleichförmigen Verhältnissen miteinander verbinden. Wir haben physikalische Gesetze, aber sie lassen sich niemals als vollständige, definitive Erklärung auffassen; sie sind nur notwendige, nicht zureichende Bedingungen. In diesem Sinne ist die Wissenschaft niemals als vollendet, vollkommen zu bezeichnen. Nur bleibt — und hier präzisiert sich der Standpunkt Machs und der Energetiker — alles, was unter der Kontrolle der Erfahrung begründet worden ist, bei voller Berücksichtigung der menschlichen Irrtümer doch als notwendig bestehen. Wir verfügen über eine gewisse Unzahl wirklicher exakter Relationen, wenn wir sie auch niemals vollständig besitzen.

Der Entwicklungsgedanke, der Machs Geist völlig erfüllt, hat sich mit der psychophysischen Idee vereinigt, um dieser letzten Folgerung einen lebendigeren und volleren Sinn zu geben. Die Entwicklung der Wissenschaft kann nicht so angesehen werden, als ob sie uns schrittweise zu einem ganz bestimmten Ziele geleiten würde. Das Ziel scheint, kann man sagen, in dem Maße, als wir es zu erreichen meinen, stets weiter zu rücken. Indem wir es aber verfolgen, kommen wir doch weiter und haben ein Stück Wegs endgültig zurückgelegt. Es gibt einen wahrhaften wissenschaftlichen Fortschritt, und er besteht in einer zunehmenden Kapitalisierung der Entdeckungen. Täglich vertieft

sich die Empfindungsanalyse, wenn sie schon nicht sich vervollständigt. Täglich steigert sich unsere Beherrschung der Natur, unsere Wissenschaft wird in ihren Voraussagungen und in den praktischen Verwertungen dieser erfolgreicher. Sie paßt sich und dadurch auch uns an, denn die Wissenschaft ist ein biopsychischer Prozeß (Mach liebt diesen Ausdruck). Die Geschichte der Wissenschaften ist keine Anekdote mehr, sie ist eine Entwicklung; jeder Schritt in der Analyse bereitet den nächsten vor und ist eine Funktion des vorhergehenden. Die Ausgestaltung der Wissenschaft trägt das Siegel ihrer Objektivität bis in ihr Verfahren hinein. Wir begegnen hier allen unseren früheren Schlüssen.

In dem Maße als wir bei der wissenschaftlichen Arbeit fortschreiten, erheben sich Widersprüche und Schwierigkeiten. Die neu aufgefundenen Relationen scheinen mit den früheren unvereinbar zu sein. Ist denn die Wissenschaft zerstört, ist denn die Wahrheit von heute nicht mehr die Wahrheit von gestern? Ein kindischer Einwand; vielmehr ist es ein neuer Fortschritt, welcher sich ankündigt und die früheren fortsetzt, eine genauere Anpassung an das Wirkliche. Denn entweder hatten wir einen Verstoß gegen die Erfahrung begangen, und dann machen wir ihn wieder gut. Unsere Wissenschaft entledigt sich eines schlechten oder zweifelhaften Resultates, sie substituiert einer weniger konformen eine bessere Relation, und zwar gewöhnlich nur in Einzelheiten, betreffs einer allgemeinen Relation nur dann, wenn dieselbe hypothetisch war; oder aber es ist die neue Relation, welche die alten unangefochten läßt, unvereinbar mit ihr. Dies ist der gewöhnlichste und interessanteste Fall, denn wir haben dann die beiden Enden der Kette aus demselben Metall und müssen nun die Zwischenglieder finden. Die Analyse ist dann fortzusetzen und neue Relationen sind aufzufinden, wenigstens sind sie zu mutmaßen, und es ist die experimentelle Verifizierung dieser Konjektur zu suchen. Man bereitet der Wissenschaft neue Triumphe vor, um die alten fortzusetzen. Die Erfahrung breitet sich immer mehr aus, denn sie ist stets zu eng, aber sie dementiert sich nicht.

Die Analyse der Empfindungen, die Abstraktion und die Verallgemeinerung, welche sie erfordert, das Prinzip der Denkökonomie, welches sie leitet, sind keine phantastische Ideologie,

die wir dem Realen substituieren, sondern sie sind die fortschreitende Durchdringung des Wirklichen, wie dieses sich den Sinnen darstellt. Die Energie ist für die Energetik eine eminent wahrnehmbare und reale Relation. Wir erhalten einen Stockhieb, bemerkt Ostwald, was verspüren wir, den Stock oder die Energie?

Duhem, der über Ostwald spricht, scheint zu glauben, dessen Theorie sei die äußerste Grenze der Abstraktion in den physikalischen Theorien:

„Man könnte den Vergleich noch weiter führen, und einige haben es gewagt. Da W. Thomsons Fluidum keine andere Eigenschaft besitzt, als die, gewissen Formeln gemäß Träger variabler Geschwindigkeiten im Raume zu sein, warum soll man bis zu seiner Beseitigung, bis zur Negation seiner Leistung überhaupt, bis zu seiner Reduktion auf die reine Ausdehnung gehen? Die Masse des Wirbelatoms wäre, vorausgesetzt, man hätte eine annehmbare Definition derselben gefunden, nicht der mathematische Ausdruck einer materiellen Substanz, sondern die Folge einer permanenten Verteilung von Rotationsgeschwindigkeiten; für dieses Atom darf man nicht mehr sagen, daß das physikalische Gesetz der Erhaltung der Masse zu einem metaphysischen Axiom von der Erhaltung der Materie entartet sei. Warum sollen wir denn der Materie des Fluidums, innerhalb dessen sich die Wirbel bilden, keine Realität mehr zuschreiben? Warum sollen wir sie nicht mit dem Raume, dem Sammelplatz gewisser Geschwindigkeiten und lebendiger Kräfte, identifizieren? Warum sollen wir nicht die Mechanik auf das Studium ‚der Ausdehnung und ihrer reinen Veränderungen' reduzieren, auf Veränderungen, welche die Gesamtmenge der Energie in der Welt unverändert lassen. So kämen wir zur neuen Lehre, welche unter dem Namen ‚Theorie der Energieänderung' im Schwange steht."

„Sowie wir den festen Boden der traditionellen Mechanik verlassen, um uns auf Traumesfittichen an die Verfolgung jener Physik zu machen, welche die Vorgänge in einer stoff-freihen Ausdehnung lokalisiert, fühlen wir uns schwindlig, und dann klammern wir uns mit aller Kraft an den festen Boden des gesunden Menschenverstandes. Denn unsere höchsten wissenschaftlichen Erkenntnisse haben schließlich keine andere

Grundlage als die Daten des gesunden Menschenverstandes; bestreitet man die Gewißheiten des gesunden Menschenverstandes, so wankt das Gesamtgebäude der wissenschaftlichen Wahrheiten und stürzt ein."

„Wir nehmen daher nach wie vor an, daß alle Bewegung ein Bewegliches voraussetzt, daß jede lebendige Kraft die lebendige Kraft einer Materie ist. Wir erhalten einen Stockhieb, sagt Ostwald; was empfinden wir: den Stock oder die Energie? Wir gestehen, daß wir die Energie des Stockes verspüren, schließen aber weiter, daß ein Stock als Träger dieser Energie existiert, welcher bestimmte Raumstellen einnimmt, von einer Gegend in die andere übertragbar ist und recht sehr einer Materie gleicht, die ihren Namen verleugnet, aber ihr Wissen nicht geändert hat. Wir werden also diesseits der Lehren verbleiben, für welche das substantielle Sein mannigfacher massiver Stoffe zu einer Illusion wird, und werden mit unseren Diskussionen an den Grenzen halt machen, die selbst Hertz nicht überschritten hatte." [1])

Meines Erachtens werden hier die Intentionen Ostwalds sehr schlecht zum Ausdruck gebracht. Diese Intentionen sind realistischer und objektivistischer Art. Er will nicht die Welt ihres realen Inhaltes entleeren. Er will nur verhindern, daß man diesen realen Inhalt durch imaginäre Zusätze verkleidet, oder daß man ihn durch willkürliche Substitutionen eliminiert. Er will ihn so lassen, wie er ist. Die Energie ist die allgemeine Eigenschaft der das physische Universum zusammensetzenden Empfindungen, sie ist die einzig mögliche Grundlage der physikalisch-chemischen Wissenschaften. Die Wirklichkeit wird also als allgemeine Form, der Wissenschaft das einzige Abbild eingeben, welches das Denken sich von der Wahrnehmungswelt machen kann.

9. Wenn Mach oder Ostwald von Abstraktion sprechen, reden sie also nicht notwendig von einer imaginären Idee ohne

---

[1]) Duhem, L'Evolution de la mécanique (Revue générale des Sciences, 15. März, 1903, S. 253). Diese Kritik berührt bei Duhem recht eigentümlich. Denn wir werden im nächsten Kapitel sehen, daß er bemüht ist, eine rein mathematische Physik, ohne Materie also, zu konstruieren und daß er dieselbe auf die energetischen Prinzipien gründet.

Zusammenhang mit der Wirklichkeit. Das gilt nur von der mechanistischen oder metaphysischen Abstraktion. Die wahrhaft wissenschaftliche Abstraktion ist bloß die Erfassung der gemeinsamen Elemente im Ungleichartigen. Diese gemeinsamen Elemente sind Relationen, durch welche sich oft die Verschiedenheiten, folglich tiefere und sozusagen realere Beziehungen erklären lassen. Was wir so als abstrakte Relation erfassen, hat gewiß seine Existenz in den Gliedern der Vergleichungen, aus denen wir diese Relation abstrahiert haben, eine ‚reale Basis im Sinnesreiz.'

Eine Bestätigung dieser empirischen Wirklichkeit der abstrakten Relation (also auch des physikalischen Gesetzes) finden wir in der Theorie Machs betreffs des Begriffs der Ursache.[1])

Der Begriff der Ursache ist die Haupttriebfeder der Physik. Wir überschreiten in unserer geistigen Nachbildung die rohe Empfindung nur, weil wir von den Wirkungen zu den Ursachen, vom Gegebenen zu den notwendigen Elementen, welche es bedingen, zurückgehen. Die allgemeinen, abstrakten Elemente finden, mittels deren wir unsere Abbildung herstellen, heißt, die Relationen auffinden, welche eine Vielheit von Empfindungen untereinander aufweisen, und durch diese Relationen ihre Ordnung und ihr System darstellen. Diese Relationen sind das, was man gewöhnlich die Kausalbeziehungen nennt. So viel die Kausalbeziehung gelten, so viel wird auch der physikalische Zusammenhang, die Objektivität der Analyse der Empfindungen gelten, welche die physische Welt zusammensetzen.

„Wenn wir von Ursache und Wirkung sprechen, so heben wir willkürlich jene Momente heraus, auf deren Zusammenhang wir bei Nachbildung einer Tatsache in der für uns wichtigen Richtung zu achten haben. In der Natur gibt es keine Ursache und keine Wirkung. Die Natur ist nur einmal da. Wiederholungen gleicher Fälle, in welchen A immer mit B verknüpft wäre, also gleiche Erfolge unter gleichen Umständen, also das Wesentliche des Zusammenhanges von Ursache und Wirkung,

---

[1]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 452 ff., 424 f. Analys. d. Empfind., S. 25, 66 ff. Die Geschichte u. d. Wurzel d. Satzes von d. Erhalt. d. Arbeit, S. 35.

existieren nur in der Abstraktion, die wir zum Zweck der Nachbildung der Tatsachen vornehmen. Ist uns eine Tatsache geläufig geworden, so bedürfen wir dieser Heraushebung der zusammenhängenden Merkmale nicht mehr, wir machen uns nicht mehr auf das Neue, Auffallende aufmerksam, wir sprechen nicht mehr von Ursache und Wirkung."[1])

Die Kausalbeziehung wäre demnach eine willkürliche und subjektive Denkform, eine prekäre Form, die sich von selbst eliminiert, sowie uns die Dinge vertraut werden? Die Kausalbeziehung wäre — um einen Ausdruck, den Mach bezüglich des Mechanismus gebraucht, aufzunehmen — nur eine Krücke, deren wir uns bei der Auffindung des Wirklichen bedienen, so lange wir nicht ganz allein zu gehen vermögen? In der Tat ist dies die Meinung Machs. Wieso können wir aber in einem bestimmten Momente die Krücke wegwerfen und wann und wie kommen wir dazu, ganz allein zu gehen? Das ist die ganze Frage, und die Zweideutigkeit behebt sich schnell, sobald man die Antwort Machs sucht, und zwar durchaus zugunsten der Objektivität der Physik.

Wir sprechen nicht mehr von Ursachen und Wirkungen, wir brauchen nicht mehr diese in Evidenzhaltung des Merkmalszusammenhanges, weil die fortgeschrittene Wissenschaft uns in der Ursache und Wirkung Relationen erkennen läßt, welche Funktionen von einander sind[2]), die sich unlösbar zu einem Ausdruck vereinigen, Relationen, die selbst Relationen untereinander bilden. Die Erfahrung superponiert niederen Relationen eine höhere. Mit anderen Worten: die künstlichen Scheidungen und Klassifikationen, welche wir in der Natur vollziehen konnten, reduzieren sich schrittweise zum Vorteil der Natureinheit. In der Energetik ist diese Reduktion nicht mehr ein Denkbedürfnis, sondern sie stützt sich auf die Natur des Wirklichen; sie ist objektiv und daher darf man wohl glauben — Mach selbst verschließt sich dem nicht, denn er sagt, nichts hindere, das Ökonomieprinzip als ein provisorisches Hilfsmittel zu betrachten, welches eine tiefere Grundlage hat[3]) — daß das Ökonomieprinzip

[1]) Die Mechanik, S. 513.
[2]) Prinzip. d. Wärmelehre, S. 437.
[3]) Die Mechanik, S. 527.

selbst in letzter Linie ein objektives Fundament in der Natur des Wirklichen hat.

„Die Wärme ist die Ursache der Spannkraft des Dampfes. Ist uns das Verhältnis geläufig geworden, so stellen wir uns den Dampf gleich mit der zu seiner Temperatur gehörigen Spannkraft vor. Die Säure ist die Ursache der Rötung der Lackmustinktur. Später gehört aber diese Rötung unter die Eigenschaften der Säure." „Die naive und natürliche Auffassung scheint folgende zu sein. Die Begriffe Ursache und Wirkung entstehen erst durch das Bestreben, die Tatsachen nachzubilden. Zunächst entsteht nur eine Gewohnheit der Verknüpfung von A und B, C und D, E und F usw. Beobachtet man, wenn man schon viele Erfahrung besitzt, eine Verknüpfung von M und N, so erkennt man oft M als aus A, C, E, und N als aus B, D, F bestehend, deren Verknüpfung schon geläufig ist und uns mit einer höheren Autorität gegenübertritt." [1])

Ist also die Kausalbezeichnung eine Abstraktion, ein provisorisches Denkmittel zur Ersparung von Arbeit, so ist doch deshalb die Physik niemals selbst ein bloßes provisorisches Denkmittel, eine willkürliche und vorübergehende Theorie. Sondern sie ist es vielmehr nur dann, wenn sie den Gesichtspunkt der kausalen Folge aufgibt, um hinter ihr die phänomenale Wirklichkeit zu finden, von welcher Ursache und Wirkung zwei vorübergehende und momentane Aspekte sind. Der kausale Gesichtspunkt ist ein metaphysischer, mit dem Substanzbegriff und der mechanistischen Anschauung der Physik verbundener Gesichtspunkt. Seine Elimination bedeutet die Annäherung der Wissenschaft an die Erfahrung und Wirklichkeit, d. h. an die Relationen, welche die Empfindungen zusammenhalten.

Mach greift, nur mit anderen Ausdrücken, die Analyse und die Folgerungen von Hume, Mill und allen Phänomenalisten auf, nach welchen die Kausalbeziehung nichts Substantielles an sich hat und nur eine Denkgewohnheit ist. Er hat ferner die Grundthese des Phänomenalismus akzeptiert, deren Konsequenz der Satz ist: es gibt nur Empfindungen.

Aber er fügt in durchaus objektivem Sinne hinzu: Die

---

[1]) Die Mechanik, S. 513 f.

Wissenschaft entdeckt bei der Analyse der Empfindungen permanente und gemeinsame Elemente, welche, wenn auch Abstraktionen aus diesen Empfindungen, von gleicher Realität sind, da sie durch die Sinneserfahrung aus ihnen geschöpft sind. Und diese gemeinsamen, permanenten Elemente, wie die Energie und deren Formen, sind die Grundlage der physikalischen Systematisierung.

Dies ist eine Restauration im phänomenalistischen Sinne, denn wir bewegen uns hier nur im Gebiete der Empfindung und der Sinneserfahrung, des objektiven Gedankens, des Begriffes des Notwendigen.

Die Ordnung und Systematisierung der Empfindungen, welche sich aus deren Analyse ergibt, ist nicht eine Denkgewohnheit, eine subjektive, konventionelle, willkürliche Beschreibung, wie sie es wäre, wenn sie auf die ursächliche Abfolge im Sinne Mills, d. h. auf eine bloße Vorstellungsassoziation sich gründen würde. Sondern sie entspringt wirklichen Eigenschaften der Empfindungen und der Natur der Phänomene.

Und so sind jene, in anderer Weise unbegreiflichen Zeilen Machs zu verstehen, welche das entfernte Ideal der wissenschaftlichen Konstruktion für die energetische Schule zum Ausdruck bringen, ein Ideal, welches die klarste Formulierung einer objektiven Physik ist:

„Die besonnene physikalische Forschung wird aber zur Analyse der Sinnesempfindungen führen. Wir werden dann erkennen, daß unser Hunger nicht so wesentlich verschieden von dem Streben der Schwefelsäure nach Zink, und unser Wille nicht so sehr verschieden von dem Druck des Steines auf die Unterlage ist, als es gegenwärtig den Anschein hat. Wir werden uns dann der Natur wieder näher fühlen, ohne daß wir nötig haben, uns selbst in eine uns nicht mehr verständliche Staubwolke von Molekülen, oder die Natur in ein System von Spuckgestalten aufzulösen. Die Richtung, in welcher die Aufklärung durch eine lange und mühevolle Untersuchung zu erwarten ist, kann natürlich nur vermutet werden. Das Resultat antizipieren, oder es gar in die gegenwärtigen wissenschaftlichen Untersuchungen einmischen zu wollen, hieße Mythologie, statt Wissenschaft treiben."

„Die Naturwissenschaft fragt gar nicht nach dem, was einer exakten Erforschung nicht zugänglich oder noch nicht zugänglich ist. Sollten aber einmal Gebiete der exakten Forschung erreichbar werden, die es jetzt noch nicht sind, nun, dann wird wohl kein wohlorganisierter Mensch, keiner, der es mit sich und andern ehrlich meint, Anstand nehmen, die Meinung über ein Ding mit dem Wissen von einem Ding zu vertauschen."[1])

V. Die Energetik Ostwalds.

1. Mach hat niemals ein seinen Anschauungen gemäß geordnetes Gesamtbild von dem Inhalte der physikalisch-chemischen Wissenschaften entworfen. Nachdem er seine Ideen im Jahre 1867 in einer kurzen Mitteilung über „die Definition der Masse", erschienen im „Repertorium der Experimentalphysik" von Carl (1868), sowie in einem Vortrag des Jahres 1871 dargelegt, überließ er Kirchhoff die Mühe, die wissenschaftliche Anwendung seiner Prinzipien teilweise auf die Mechanik zu entwickeln (1874), und Avenarius, Pearson und Stallo deren philosophische Verbreitung. Ostwald dürfte als der unmittelbare wissenschaftliche Erbe der Anschauungen Machs betreffs der physikalisch-chemischen Wissenschaften angesehen werden. Denn er hat seine energetische Auffassung der Physik als reine und bloße Beschreibung der Tatsachen hingestellt, und zwar als begriffliche, formelle Beschreibung, welche auf jede Verbildlichung, auf jede materielle Vorstellung der physikalisch-chemischen Vorgänge verzichtet. Auf seine eigenen Anschauungen hat Ostwald im Jahre 1893 die Aufmerksamkeit gelenkt durch ein wahres Pamphlet: „Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus", unter dem Titel „La Déroute de l'atomisme" teilweilweise ins Fränzösische übersetzt. Er kündigt hier eine Reform der gesamten Physik an, welche die durch Rankine eingeschlagene Richtung betont und in gewissem Maße die konkrete Hülle der Ideen Machs, deren Verwirklichung auf physikalischem Gebiete ist. Indem wir, sagt er, den Weg der Energie betreten, entsprechen wir der wahren Meinung der so oft mißverstandenen Mahnung Kirchhoffs, an die Stelle der Naturerklärung die

[1]) Die Mechanik, S. 493 f.

Beschreibung der Tatsachen zu setzen.[1]) Er hätte dem Namen Kirchhoffs den Rankines und besonders Machs hinzufügen können, welcher der wahre Begründer der Formel war.[2])

2. R. Mayer hatte die Äquivalenz zwischen Wärme und Arbeit entdeckt. Er selbst sah nicht alle Konsequenzen seiner Entdeckung, ebenso wenig taten es jene, welche zur Erhärtung des Äquivalenzprinzips am meisten beigetragen haben, Helmholtz, Clausius, W. Thomson. Sie deuteten diese Äquivalenz als Zeichen für die Möglichkeit der Zurückführung aller Energieformen auf die mechanische Energie. „Auf diese Weise verwirklichte man das am dringensten Erscheinende: die Verknüpfung der neuen Anschauung mit der damals herrschenden mechanischen Theorie; aber die Anschauung verlor so ihre Eigenart.“ [3]) Diese besteht in der Äquivalenz aller Energieformen, von der das Experiment Mayers nur einen Sonderfall enthüllt. Die Äquivalenz aller Energieformen ist weit entfernt, eine allmähliche Zurückführung aller dieser Formen auf eine einzige (die mechanische Energie) im Gefolge zu haben, sondern stellt sie vielmehr alle auf die gleiche Stufe. Der Begriff der nicht spezifizierten Energie wird somit als ein ursprünglicher aufgestellt. Die Erfahrung differenziert sie sodann gleich in mehrere abgeleitete Spezifikationen: kinetische Energie (aus welcher durch eine neue Ableitung der mechanische Massenbegriff entspringt, der nur die Kapazität zu kinetischer Energie bedeutet), die Volumenergie (aus der sich der mechanische Begriff der Undurchdringlichkeit ergibt, die Energie der Lage (welche, weiter besondert, den Begriff des Gewichts ergibt), endlich die thermische, elektrische, chemische Energie usw.[4])

Die Materie verschwindet, sie hat nicht einmal mehr den Raum, den sie einnahm, „denn auch dieser ist uns nur durch den Energieaufwand kenntlich, welchen es erfordert, um

---

[1]) Ostwald, La Déroute de l'Atomisme contemporain (Revue générale des Sciences, 1905, S. 958).

[2]) Vgl. Mach, Die Mechanik, Vorwort zur französischen Ausgabe. Mach begründet dort seine Priorität vor Kirchhoff, der übrigens seine Anschauungen nur zum Teile akzeptiert hätte.

[3]) Ostwald, La Déroute ...., S. 956.

[4]) Abrégé de Chimie générale, S. 237 ff. (Grundriß der allgem. Chemie).

in ihn einzudringen. Somit ist Materie nichts als eine räumlich zusammengeordnete Gruppe verschiedener Energien, und alles, was wir von ihr aussagen wollen, sagen wir von diesen Energien aus.“[1])

3. Diese Energien sind die Ursachen unserer Empfindungen. Sie sind der wahre Inhalt unserer wirklichen Erfahrungen. Alle unsere Empfindungen haben ein einziges gemeinsames Merkmal: sie entsprechen einem Energieunterschied zwischen den Sinnesorganen und dem sie umgebenden Milieu.[2]) Die Energie, ihre verschiedenen Formen, ihre Veränderungs- und Umformungsverhältnisse — das ist der wahre Erfahrungsinhalt, der einzige Gegenstand des Erkenntnis. Welches Bild haben wir uns dann von der Wirklichkeit zu machen? Wir brauchen gar kein Bild, gar kein Symbol.[3]) Jedes Bild entstellt die physikalisch-chemischen Vorgänge, da diese nur Energiearten sind. Wir müssen diese Vorgänge unmittelbar betrachten, soweit es unsere Geisteskräfte ermöglichen.[4]) Der ihnen von nns übergeworfenen Hüllen entkleidet, sind die empirischen Wirklichkeiten nichts als Energiekapazitäten, Energieumsetzungen, Energieveränderungen. Die Wissenschaft hat die Aufgabe, zwischen diesen Realitäten Beziehungen herzustellen, in der Weise, daß aus den gegebenen sich die anderen ableiten lassen.

4. Alle Vorgänge in der Außenwelt sind, ungeachtet ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit, nur bestimmte Fälle aller erdenklichen Möglichkeiten. Aus der Zahl der möglichen die wirklichen Fälle herauszugreifen, ist der Sinn der Naturgesetze. Sie führen alle auf eine und dieselbe Form zurück: eine Invariante finden, d. h. eine Größe, welche unveränderlich bleibt, wenn alle übrigen innerhalb möglicher, durch das Gesetz selbst bestimmter Grenzen variieren.[5]) Eine erste allgemeine Invariante ward im Massenbegriff gefunden. Die mechanistische Auffassung der Materie ist nur eine Erweiterung desselben. Dieser unzureichenden An-

---

[1]) A. a. O. S. 957. Vgl. dieses Zitat mit der von uns angeführten Kritik Duhems, welcher behauptet, Ostwald führe die Realität auf den zurück.

[2]) A. a. O. S. 956.

[3]) A. a. O. S. 956.

[4]) A. a. O. S. 956.

[5]) A. a. O. S. 954.

schauung mußte Galilei den Kraftbegriff hinzufügen, um die beständige Entwicklung des Alls zu erklären. Aber die Kraft besaß nicht das Invariable, und R. Mayer entdeckte nach den partiellen Invarianten „lebendige Kraft“ und „Arbeit“ die allgemeinste Invariante, die Energie, welche alle physikalischen Vorgänge beherrscht.[1]) Der substantielle, metaphysische Begriff der Materie mußte ihr Platz machen. Die Energie ist die gemeinsame und reale Grundlage aller Empfindungen.

Soldhermaßen verwirklichte die Energetik, indem sie oder besser weil sie die bildlichen Vorstellungen eliminierte und sich rein begrifflicher Vorstellungen, eines mathematischen Beschreibungsformulars im Sinne der theoretischen Anschauungen Machs, bediente, eine mehr empirische, realistischere, objektivere Physik, wie sie es niemals, besonders nicht in ihrer mechanistischen Form, gewesen war.

Die Vorstellungen dürfen nach Ostwald in der Tat nicht mehr und nicht weniger enthalten als die vorzustellenden Tatsachen.[2])

„Ich betonte bereits, daß die herkömmlichen mechanistischen Theorien dieser Bedingung nicht genügen, und ich habe Gründe zur Annahme, daß sie es vermöge ihrer Natur nie können werden. Leider ist es mir nicht möglich, hier diese Gründe in nötiger Ausführlichkeit zu entwickeln, aber ich kann deren Tendenz andeuten. Bekanntlich unterscheidet man seit Hamilton zwei Arten von physikalischen Größen: Skaloren und Vektoren. Diese beiden Größenarten sind von wesentlich verschiedener Beschaffenheit, und man kann niemals die eine für die andere einsetzen. Meiner Überzeugung nach gibt es eine große Anzahl wesentlich verschiedener Größen, und ich glaube annehmen zu dürfen, daß die verschiedenen Energieformen alle durch Größen von solcher Besonderheit charakterisiert sind. Wenn sich dies bestätigt, dann wird die Tatsache, daß die Mechanik bislang nur ein unvollständiges Naturbild zu liefern vermochte, als eine Notwendigkeit erscheinen.“ [3])

5. Der Experimentalismus der neuen Physik ist sogar in

[1]) A. a. O. S. 956.
[2]) A. a. O. S. 957.
[3]) Lettre sur l'Énergetique (Revue générale des Sciences, 1895, S. 1070).

dem Maße „realistisch“, daß Ostwald sagen zu dürfen meint, daß die den Folgerungen der Physik in bezug auf deren Berechtigung und Ausdehnung auferlegten Einschränkungen von selbst wegfallen: Die Physik ist nicht bloß eine, sondern die objektive Erkenntnis. Hinsichtlich ihres Gegenstandes ist sie die Wissenschaft dieses Gegenstandes im griechischen Sinne des Wortes. Es handelt sich aber, wohlgemerkt, nicht um eine transzendente Objektivität. Die Fragen, welche nicht dem Erfahrungsgebiet, also dem Gebiete, dessen Maß der Mensch ist, angehören, bleiben außerhalb der Diskussion. Aber die menschliche Erfahrung trägt, indem sie die menschliche Wißbegierde vollauf befriedigt, selbst ihr Erklärungsmittel in sich; sie genügt sich selbst im System unserer Erkenntnisse.

„Der Gewinn wird nicht gering erscheinen, ein Hindernis zu beseitigen, welches viele ernste Sorgen bereitet hat. Ich meine die bekannten Erklärungen hinsichtlich der Zukunft unser Naturerkenntnis, welche der berühmte Physiolog an der Berliner Universität, Du Bois-Reymond, zuerst auf dem Naturforscherkongreß in Leipzig, hernach in einigen umfassenderen Abhandlungen gegeben hat, deren Kernpunkt jenes so viel kommentierte „Ignorabimus“ ist. In der langen Polemik, welche dieses Wort entfesselte, verblieb, wie mir scheint, der Sieg bei Du Bois-Reymond, denn alle seine Gegner stützten sich eben auf das Prinzip, aus dem er sein Ignorabimus abgeleitet hatte, und ihre Folgerungen galten so viel als dieses Prinzip selbst. Dieses Prinzip, welches niemand zur Diskussion zu stellen gedachte, ist die mechanistische Weltanschauung; es ist die Annahme, das letzte Stadium unserer Welterklärung sei die Zurückführung der Natur auf ein System bewegter materieller Punkte. Fällt dieses Prinzip — und wir sagen, es müsse fallen — dann fällt auch das Ignorabimus, und die Bahn wird für die Wissenschaft wieder frei. Ich glaube nicht, daß diese Folgerung jemanden verwundern wird; darf ich nach mir selbst urteilen, so hat kein Physiker oder Naturforscher fest an das Ignorabimus geglaubt, ohne vielleicht dessen schwachen Punkt zu erkennen.“[1])

Dieses wissenschaftliche Glaubensbekenntnis zeigt deutlich,

---

[1]) A. a. O. S. 955.

wie sehr die von Ostwald gepriesene Reform der allgemeinen Physik die Tradition des wissenschaftlichen Geistes festhält, der die moderne Physik im Sinne der Renaissance beherrscht. Die Physik bleibt mehr denn je eine objektive Beschreibung der Tatsachen und deren mathematische Systematisierung.

VI. Ergebnisse.

1. Die physikalisch-chemischen Wissenschaften müssen uns schließlich ein Bild liefern, welches in klarster Weise die Ordnung und Verknüpfung der Naturerscheinungen, den Inbegriff unserer wirklichen und möglichen Wahrnehmungen und deren Relationen darstellen, derart, daß wir sie nachbilden und voraussehen können.

Vom Standpunkt einer vielleicht unausdenkbaren Metaphysik, einer absoluten Erkenntnis kann die Energetik ebenso wie der Kantianismus und der Positivismus für die oberflächliche Betrachtung als Skeptizismus erscheinen. Prüft man sie aber für sich, so sieht man, daß sie dem Streben entspringt, die Wissenschaft vor allem Skeptizismus und aller Kritik sicherzustellen. Sie begründet deren Gewißheit in unerschütterlicher Weise und gibt ihr einen vollen Wert in der Erfahrungswelt, die wir allein vorzustellen vermögen und die allein uns zugänglich ist; zugleich erkennt sie, daß diese Welt der Forschung und dem Fortschritt ein unermeßliches Gebiet eröffnet.

2. Wir können sagen, die Energetik befreit uns zugleich vom Skeptizismus und von der Metaphysik, die man ihm entgegenstellt, indem sie es für widerspruchsvoll oder unsinnig erklärt, etwas noch hinter den Erscheinungen zu suchen. Stets und überall sind es die Erscheinungen, die Wahrnehmungsinhalte, wovon die Erkenntnis ausgeht und worin sie mündet. Weiter suchen, heißt, dieselbe Torheit, dieselbe Herausforderung an das gesunde Denken begehen, wie wenn man fragte, ob man nicht aus Tag Nacht oder aus Nacht Tag machen könnte, indem wir unsere Ausdrucksweise ändern — offenbar etwas Leichtes, da dies genau auf dasselbe hinauslaufen würde. Spricht man in der Physik von einem absoluten Raum oder von einer absoluten Zeit, sucht man die absoluten Elemente der Er-

scheinungen, absolute Gesetze, absolute Ursachen usw. — so heißt dies nur, gewisse Empfindungen oder gedankliche Bilder von ihnen in bestimmter Weise benennen: warum sollen wir uns nicht an die übliche Sprache halten, statt diese zwecklose Komplikation einzuführen? Die Gesamterfahrung ist ein Absolutes und hinter ihr ist kein Absolutes zu suchen, wenigstens nicht vom Standpunkt wissenschaftlicher Forschung. Der traditionelle Mechanismus hat mit Unrecht Elementen, welche nur als mögliche Erfahrungsobjekte einen Sinn haben konnten, eine ontotologische, transzendente Bedeutung zugeschrieben. So hat er oft der Annahme Raum gewährt, als ob die Erfahrung nur relativen Wert habe und daß vielleicht das Rationale, sofern es nach einer verwandten Anschauung des Kartesianismus der Erfahrung gegenübergestellt wird, die Erfahrung selbst an Wert übertreffe. Vom Standpunkt Machs aus haben das Rationale und die Erfahrung gleichen Wert, denn sie sind im Grunde eines: sie konstituieren die rationale Erkenntnis, wenn man das Erkenntnissubjekt, die experimentale, wenn man deren Objekt zum Zentrum macht. Die wissenschaftliche Erkenntnis ist an sich ein unteilbares Ganzes, jenseits dessen die Wissenschaft nichts vorauszusetzen hat; sie ist eine rationale Erfahrung, die sich selbst genügt.

Wir sehen also, wie bei Mach und Ostwald die von Rankine gegebenen methodologischen Anweisungen betreffs der Beziehungen zwischen der Erfahrung und der allgemeinen Anschauung der Physik sich präzisieren. Sie führen zu einer absolut experimentalen Auffassung der physikalischen Grundlagen. Das Rationale konstituiert sich innerhalb dieser Entwicklung so, daß er mit ihr eine unteilbare Einheit bildet oder schließlich bilden muß. Niemals hat ein Forscher das Gesetz so nahe in der Erfahrung gelesen, als es bei Mach und Ostwald der Fall ist. Niemals war auch die Erfahrung so deutlich das Maß aller Erkenntnis.

3. Aber die Erfahrung bedeutet hier nicht die Trägheit des Geistes angesichts der Dinge. Erfahrung bedeutet Akkomodation, wechselseitige Anpassung zwischen den Objekten und dem Subjekt des Erkennens in der unteilbaren Einheit der Ergebnisse. Jede Scheidung, jeder Dualismus von Objekt und Subjekt muß

gegenüber den Ergebnissen, welche die Physik als definitiv ansieht, verschwinden. Es gibt nur noch die notwendige Tatsache. „So ist die physische Welt" ist die Schlußfolgerung des Physikers; zu suchen, ob sie anders sein könnte, als sie ist, ist sinnlos. Sie ist, was sie ist, auf welche Weise sie sich auch notwendig so gesetzt hat, wie sie ist. Für uns wird sie stets so und nicht anders sein. Natur und Geist haben einander gegenseitig durchdrungen.

Was ist denn also das Prinzip der Denkökonomie? Was sind die Theorien, welche als geistige Verkünderinnen künftiger Erfahrung vermöge bloßen Denkens uns die Folgerung angeben, welche die Erfahrung bestätigen wird? An sich sind sie methodische Werkzeuge, Oszillationen der sich vorbereitenden Anpassung und Ausgleichung. Wir finden hier die methodologische Auffassung der schon von Rankine angedeuteten physikalischen Theorie. Die rationale Konstruktion scheidet sich nur in der unvollkommenen Erkenntnis von der Erfahrung, d. h. dort, wo es keine vollständige Erfahrung gibt und dort, wo auch keine vollständige Rationalität besteht. Dann gibt es aber auch kein wissenschaftliches Ergebnis, nur eine wissenschaftliche Forschung, ein Moment der Methode. Alles, was die physikalische Theorie der Erfahrung vermittelst der bloßen Kräfte des Geistes und der Vernunfttätigkeit — dies alles ist nicht zu verachten, im Gegenteil, denn die Wissenschaft gestaltet sich so — erzeugt, ist methodologischer Art und stets in gewissem Maße subjektiv. Erst dann, wenn die Erfahrung die Voraussagungen der Theorie bestätigt hat, innerhalb dieser Grenzen die Theorie den empirischen Resultaten der Physik einverleibt wird, dann ist sie keine Theorie oder Methode mehr, sondern eine objektive Tatsache.

4. Daher kann man trotz aller Verschiedenheiten der Vorstellungsweise nicht sagen, daß die Reform einen Bruch mit der Entwicklung der Physik seit dem 16. Jahrhundert bedeutet. Sie setzt diese Entwicklung fort und konserviert sogar als partielles Ganzes das Ganze der mittelst bloß mechanischer Prinzipien errungenen Resultate. Dies kommt bei Mach deutlich zum Ausdruck. Nur sieht Mach und noch mehr Ostwald hier bloß einen Zweig der Physik. Neben demselben muß man, ohne zu wissen, ob sie sich gleich vereinheitlichen lassen werde, mehrere andere

autonome Prinzipien entwickeln. Nur unter dieser Bedingung können wir eine befriedigende Vorstellung von der Erfahrung erlangen.

Es ist ein Wahn, diese Prinzipien aus denen der Mechanik ableiten, die Physik auf die Mechanik gründen zu wollen. Die Physik muß autonom sein, sowohl im Verhältnis zur Mechanik als auch zur Syllogistik des Mittelalters.

5. Wir kehren also nicht zur qualitativen Physik dieser Epoche zurück. Die Qualitäten, von denen Ostwald gern spricht, haben mit den occulten Qualitäten der Peripatetiker, mit den Begriffen der Aristoteliker nichts zu tun. Es sind Größen, die sich nicht auf andere zurückführen lassen, wie die vektoriellen oder Spannungsgrößen es im Verhältnis zu den gewöhnlichen Größen sind, es sind Quantitäten, die sich in mathematischer Weise, more geometrico, nicht syllogistisch, demonstrativ ausdrücken, kombinieren und entwickeln lassen. Die Wiederherstellung der Qualität besteht bloß in der Verkündigung der Autonomie in der Anwendung der Größenlehre auf einen Zweig der Naturwissenschaft, im Verhältnis zu deren Anwendung auf andere Zweige. Und auch hier sind die traditionellen Anschauungen entwickelt, präzisiert, erweitert worden, Sie sind nicht getroffen worden, eben so wenig wie die Grundideen der seit der Renaissance auf die Natur angewandten positiven und rationalen Methoden.

---

3. Kapitel.

Die Struktur der physikalischen Theorie in der begrifflichen Physik: Die Anschauungen Duhems.

I. Der Standpunkt Duhems.

1. Rankine hat die neue Methode konzipiert, und man hat sich mit ihr befaßt, indem man ihre Anwendung auf die Grunddefinitionen der Physik erfolgte. Mach und Ostwald haben sodann gezeigt, wie diese Methode besser als jede andere geeignet ist, die Experimentalforschung zu fördern und deren Resultate darzustellen. Aber sie haben sich nicht mit der Untersuchung der logischen Operationen bei dieser Darstellung, d. h. mit der neuen physikalischen Theorie, befaßt.

2. Eben dies ist die besondere Aufgabe, die sich Duhem gestellt hat. Indem wir die Analyse seiner Anschauungen jener der Ideen Rankines, Machs und Ostwalds hinzufügen, werden wir ein ziemlich vollständiges Bild von der Reform gewinnen, welche man dem traditionellen Mechanismus entgegengesetzt hat. Duhem setzt an die Stelle der Skizze Rankines ein abgeschlossenes Werk; er befolgt dieselbe Methode, entschlägt sich aber im höheren Maße der klassischen Erinnerungen. Er analysiert ferner, und das besonders interessiert uns, die logische Struktur des theoretischen und systematischen Teils der neuen Physik in den geringsten Einzelheiten, um deren Wesen, Wert und Grenzen zu bestimmen. Diese Analyse ist hier von Bedeutung, denn wir werden sehen, daß die philosophische Kritik nur zu oft aus den Reflexionen der Erneuerer die Nichtigkeit aller theoretischen Physik, die als Wissen auftreten möchte, in sophistischer Weise abgeleitet hat.

Nach der Prüfung der direkten Widerlegung eben dieser philosophischen Folgerungen seitens Duhems werde ich, nachdem

ich so seinen allgemeinen Standpunkt herausgeschält habe, wie bei Rankine und Mach seine destruktive Kritik der traditionellen Struktur der physikalischen Theorie und schließlich seine konstruktive Leistung untersuchen.

3. Die bisher dargestellte wissenschaftliche Kritik gelangt zu folgendem Ergebnis: die Wissenschaften haben keine ontologische Bedeutung. Sie haben es nicht mit Ursachen zu tun, dies Wort im metaphysischen Sinne genommen; sie konstatieren nur zwischen den Vorgängen Relationen, Verbindungen, deren man bedarf, um eine exakte Beschreibung dieser Vorgänge zu liefern, eine Beschreibung, welche die Voraussicht ermöglicht. Die mechanistischen Hypothesen aber, welche zur Erklärung dieser Zusammenhänge erdacht sind, sind Fiktionen, die bei allem praktischen Nutzen Fiktionen bleiben und nie etwas anderes sein werden. Es lassen sich unzählige von gleichem Werte erdenken, so daß sich eine Unzahl von Zeichensystemen kombinieren läßt, welche zu entsprechen vermögen.

Was wird also aus den physikalichen Theorien? Soll man sie noch von einem neuen Gesichtspunkt annehmen oder sie ablehnen?

Beide Tendenzen scheinen in der philosophischen Kritik der Wissenschaft nebeneinander zu bestehen. Manche Metaphysiker überbieten noch die positivistische Stellungnahme und wollen außer den experimentellen Ergebnissen nichts akzeptieren. Eine Erscheinung untersuchen, heißt, eine gewisse Zahl von Messungen vornehmen. Die Untersuchung ist um so vollkommener, je exakter die Messungen sind. Diese Messungen ermöglichen die Aufstellung einiger mathematischer Näherungswerte, welche entweder die Veränderungen der Erscheinung oder deren Beziehungen zu anderen Erscheinungen darstellen.

Die Wissenschaft ist nur eine Sammlung von Daten oder vielmehr eine Zusammenstellung sorgfältiger Beobachtungen. Das ist der absoluteste Empirismus. Die Hypothesen haben keine Berechtigung mehr, die physikalische Theorie ist überflüssig.

Kein einziger Forscher vertritt diese Anschauung völlig, und Duhem kann leicht dartun, daß sie auf dem Boden der Wissenschaft nicht besteht und nicht bestehen könnte.

„Für den Physiologen, für den Chemiker wie für den Physiker schließt die Angabe des Ergebnisses eines Experimentes in

der Regel einen Akt des Glaubens an die Exaktheit eines Inbegriffes von Theorien ein ... Einer Illusion gibt sich hin, wer behauptet, er trenne die Beobachtung von aller Theorie, wer sich rühmt, eine reine experimental-physikalische Abhandlung verfaßt zu haben; ebenso gut könnte man versuchen, einen Gedanken ohne irgend ein gesprochenes oder geschriebenes Wort auszudrücken." [1])

[1]) „Regnault untersucht die Zusammendrückbarkeit der Gase. Er nimmt eine gewisse Gasmenge, die er in ein Glasgefäß einschließt; er hält die Temperatur konstant, er mißt den Druck, den das Gas erleidet und das Volumen des Gases. Man wird hier die genaue, sorgsame Beobachtung der Phänomene oder Tatsachen finden. Gewiß haben sich vor Regnault, unter seinen Händen und denen seiner Assistenten Tatsachen ereignet; ist es der Bericht über diese Tatsachen, was Regnault niedergeschrieben hat, um zum Fortschritte der Physik beizutragen? Nein. Regnault sah in einer Visiervorrichtung das Bild einer gewissen Quecksilberkuppe einen bestimmten Strich tangieren; ist es dies, was er in dem Bericht über seine Erfahrungen verzeichnet hat? Nein; er schrieb, das Gas nähme ein bestimmtes Volumen ein. Ein Assistent hob und senkte das Fernrohr eines Kathetometers, bis das Bild eines anderen Quecksilberniveaus einen bestimmten Faden eines Netzes tangierte. Er beobachtete dann die Lage gewisser Striche auf dem Maßstabe und dem Nonius des Kathetometers; lesen wir dies in dem Berichte Regnaults? Nein; wir lesen hier, der vom Gas erlittene Druck habe die und die Größe gehabt. Ein anderer Assistent sah an einem Thermometer das Quecksilber bei einem gewissen konstanten Striche stehen; hat er dies verzeichnet? Nein; sondern, daß die Temperatur beständig war und einen bestimmten Grad erreichte. Was sind nun die Größe des vom Gase eingenommenen Volumens, die Größe des von ihm erlittenen Druckes, die Temperaturhöhe, die es erreicht? Etwa Tatsachen? Nein, es sind drei Abstraktionen."

„Um die erste dieser Abstraktionen, die Größe des Gasvolumens, zu bilden und sie der beobachteten Tatsache, d. h. der Tangierung des Quecksilbers bei einem gewissen Striche, korrespondieren zu lassen, mußte das Gefäß geaicht werden, d. h. es mußten nicht bloß die abstrakten Begriffe der Arithmetik und Geometrie und die abstrakten Prinzipien, die auf diese Wissenschaften beruhen, herangezogen werden, sondern auch der abstrakte Begriff der Masse, die Hypothesen der allgemeinen und der Himmelsmechanik, welche die Anwendung der Wage beim Vergleichen von Maßen rechtfertigen. Zur Bildung der zweiten Abstraktion, der Größe des vom Gase erlittenen Druckes, mußten die schwierigen, schwer zu erwerbenden Begriffe des Druckes, der Kräfte, des Zusammenhanges verwertet werden, es mußten die mathematischen Gesetze der Hydrostatik herangezogen werden, welche selbst wieder auf den Prinzipien der all-

„Die Physik ist keine Maschine, die sich demonstrieren läßt. Man kann nicht jedes Stück für sich versuchen und zu ihrer Adjustierung erwarten, daß ihre Festigkeit auf das Minutiöseste kontrolliert wurde. Die Physik ist ein Organismus, den man im Ganzen nehmen muß, ein Organismus, bei dem ein Teil nicht funktionieren kann, ohne daß die entferntesten Teile mit funktionieren, die einen mehr, die anderen weniger, alle aber in irgendeinem Grade. Bei vorkommenden Störungen muß der Physiker erraten, welches Organ wieder hergestellt oder modifiziert zu werden braucht, ohne daß er dieses Organ zu isolieren und für sich zu untersuchen vermag. Der Uhrmacher, dem eine Uhr, die nicht geht, übergeben wurde, trennt alle Räder voneinander und untersucht sie einzeln, bis er das verdorbene oder zerbrochene gefunden hat; der Arzt, dem ein Kranker vorgestellt wird, kann ihn nicht zwecks der Diagnostik sezieren, er muß den Sitz des Übels durch bloßen Einblick in die auf den Gesamtorganismus ausgeübten Wirkungen erraten. Ihm, nicht jenem, gleicht der Physiker." „Die experimentellen Verifikationen sind nicht die Basis der Theorien, sondern deren Krönung." [1])

---

gemeinen Mechanik beruhen; es kam in Betracht das Gesetz der Zusammendrückbarkeit des Quecksilbers, dessen Bestimmung mit den feinsten, meist umstrittenen Problemen der Elastizitätstheorie zusammenhängt. Zur Bildung der dritten mußte man die Temperatur definieren, den Gebrauch des Thermometers rechtfertigen, und jeder, der die Prinzipien der Physik einigermaßen studiert hat, weiß wie sehr sich der Temperaturbegriff von den Tatsachen entfernt und wie schwer er erfaßbar ist. — Als Regnault ein Experiment ausführte, hatte er Tatsachen vor sich, beobachtete er Vorgänge. Von diesem Experimente hat er uns aber nicht den Bericht über die beobachteten Tatsachen überliefert, sondern abstrakte Daten, welche er durch die akzeptierten Theorien den wirklich gesammelten konkreten Dokumenten substituieren konnte. — Jeder Experimentalphysiker tut dasselbe. Daher können wir ein Prinzip aufstellen, dessen Konsequenzen die vorliegende Studie entwickeln wird: ein physikalisches Experiment ist die ganze Beobachtung von Vorgängen, verbunden mit der Deutung dieser Vorgänge. Diese Deutung substituiert der konkreten Daten der Beobachtung abstrakte, symbolische Vorstellungen, welche ihnen kraft der vom Beobachter angenommenen physikalischen Theorien entsprechen" (Duhem, Réflexions sur la physique expérimentale, Revue des questions scientifiques, Juli 1894, S. 192—198).

[1]) Duhem, La physique expérimentale (Revue des questions scientifiques, Juli 1894, S. 102, 197).

4. Der Empirismus ist also eine Fiktion, die Wissenschaft als bloße Zusammenfassung der experimentellen Feststellungen eine Chimäre. Scheinen aber dann nicht die Logiker recht zu haben, welche behaupten, daß die Wissenschaft nur eine Darstellung zur bequemen Organisierung unserer Erkenntnisse ist und daß es ebenso viele Wissenschaftsformen als Sprachen gibt? Durch die Wahrnehmung legen wir in die scheinbar unmittelbarste Vorstellung schon etwas aus unserem Ich hinein. Die Analyse der Erinnerung und der Auffassung lassen an der Erkenntnis kaum noch etwas Objektives bestehen. Überall sehen wir eine komplizierte, symbolische Konstruktion, die unseren praktischen Bedürfnissen dient. Unsere wissenschaftlichen Beobachtungen sind letzten Endes sinnreiche Kunstgriffe, welche die Erhaltung des Individuums oder der Gattung eingibt. Wir haben bestimmte Elemente mit Vernachlässigung anderer aus praktischen Gründen gewählt, sie in bestimmter Ordnung aneinandergereiht, ein besonderes praktisches Ziel ins Auge gefaßt. Dieser technische Skeptizismus bewahrt demnach wohl die wissenschaftlichen Theorien, aber er betrachtet sie als Hypothesen, die aus einer Anzahl möglicher durch Konvention herausgegriffen werden; die ganze Wissenschaft ist nur ein Inbegriff ähnlicher Hypothesen.

Diese Folgerung lehnt Duhem ebenso energisch ab wie die des Empirismus.[1]) Die Theorie ist kein sinnreicher Kunstgriff zur bequemen Klassifizierung unserer Erkenntnisse, vergleichbar der konventionellen Ordnung, die wir bei der Aufstellung unserer Bücher befolgen. Sie steht in gewisser Beziehung zur Wirklichkeit, d. h. zu den experimentellen Feststellungen; Beweis dafür ist, daß schließlich die Erfahrung zu ihrer Erhärtung oder Bestätigung nötig ist. Willkürlich ist hier nur alles dasjenige, was uns die Ordnung unserer Gedanken der Ordnung des Wirklichen korrespondieren machen läßt. Diese Korrespondenz selbst aber ist nicht mehr willkürlich. So weit wir die Theorie entwickeln, stehen uns die verschiedensten Wege offen, wie einem Reisenden, der ohne Angabe vor einem Kreuzweg steht. Ein Weg unter diesen aber wird ihn zum Ziele seiner Reise bringen. Es können

[1]) Physique de croyant (Annales de philosophie chrétienne, November 1905, S. 137).

auch mehrere Wege hinführen, nur wird einer von ihnen kürzer oder markierter oder gangbarer sein. Einmal am Ziele angelangt, kann man diesen Weg bestimmt angeben. Anstatt also mit den Neoskeptikern zu behaupten, jeder Weg führe zum Ziel, müssen wir sagen, es wird eine theoretische Entwicklung geben, welche der Ordnung der zu beschreibenden Erscheinungen besser entsprechen wird.

Es wird uns auch einen Inbegriff von Theorien geben, der sich, wenigstens in den Grundlinien, mit Ausschluß aller übrigen durchsetzen wird. Er wird die theoretische Physik konstituieren, diese wird bestimmt und einzig, nicht willkürlich und vielfältig sein. In ihrer Vollendung, sobald sie mit der Erfahrung konrontiert worden ist, fallen ihre Künstlichkeiten und ihre bis dahin möglichen Verschiedenheiten fort, wenigstens für den Augenblick, soweit nicht neue Erkenntnisse ihr widersprechen.

Betrachten wir z. B. die Theorie der Elektrizität, an die sich der Name Maxwells knüpft. Vermittelst einer wenig zusammenhängenden, zuweilen inkorrekten und unlogischen Reihe von Ableitungen gelangt Maxwell zu zweckmäßigen Gleichungen für die Deutung gewisser Vorgänge. Der Neoskeptizismus könnte mit Recht sagen: Was bedeutet denn die Ableitung Maxwells, was bedeutet seine Theorie? Wir wissen, eine Menge anderer Theorien lassen sich an deren Stelle setzen. Ohne uns bei der von ihm entworfenen theoretischen Physik aufzuhalten, behalten wir den mathematischen Ausdruck bei, ohne diesem Exkurs einen anderen Wert beizumessen.

Darf der Physiker solchermaßen verfahren?

„... Ein Algebraiker hat stets das Recht, irgendeine Gruppe von Gleichungen herauszugreifen und dieselben nach den Rechnungsregeln miteinander zu kombinieren. Die Buchstaben, welche gewisse Verhältnisse verknüpfen, sind in anderen, den ersteren algebraisch äquivalenten Verhältnissen enthalten. Ein Physiker aber ist kein Algebraiker, für ihn bezieht sich eine Gleichung nicht bloß auf Buchstaben, sondern diese symbolisieren physische Größen, welche entweder experimentell meßbar oder aus anderen meßbaren Größen gebildet sein müssen. Gibt man also dem Physiker nichts als eine Gleichung, so sagt man ihm gar nichts; es muß dazu noch die Angabe der Regeln kommen,

nach welchen man die Buchstaben korrespondieren läßt, auf die sich die Gleichung zu den von ihnen dargestellten physischen Größen bezieht. Nun werden diese Regeln durch den Inbegriff der Hypothesen und Schlüsse erkannt, vermittelst deren man zu den fraglichen Gleichungen gelangt ist: es ist die Theorie, was diese Gleichungen in symbolischer Form zusammenfassen. In der Physik hat eine von aller Theorie, die zu ihr geführt hat, losgelöste Gleichung keinen Sinn."

„Nach Hertz sind Theorien identisch, wenn sie zu denselben Gleichungen führen. Auf die Frage: Was ist die Theorie Maxwells, sagt Hertz: Ich kenne keine genauere und kürzere Antwort darauf als diese: Die Theorie Maxwells ist das System der Maxwellschen Gleichungen. Jede Theorie, die zu anderen Gleichungen führt, demnach die Möglichkeit anderer Vorgänge voraussehen läßt, ist für mich eine andere Theorie."

„Dieses Kriterium kann nicht zur Beurteilung der Gleichwertigkeit zweier Theorien genügen. Damit diese gleichwertig sind, müssen nicht bloß die von ihnen geforderten Gleichungen buchstäblich identisch sein, sondern es müssen auch die in diesen Gleichungen vorkommenden Buchstaben Größen darstellen, welche in gleicher Weise mit den meßbaren Größen verknüpft sind; und um sich dieses letzteren Merkmals zu versichern, muß man nicht bloß die Gleichungen vergleichen, sondern auch die Schlüsse und Hypothesen, welche die beiden Theorien konstituieren." [1])

Diese Schlüsse und Hypothesen, d. h. die Theorie, haben also einen Eigenart, eine notwendige Existenz, eine spezifische Rolle, sie müssen eine bestimmte Form annehmen. Man kann dann von der theoretischen Physik sprechen, denn sie entspricht einer Wirklichkeit. Ursprünglich ein konventioneller Exkurs, wird sie zu einer allgemeinen, sogar notwendigen Sprache, sobald sie es uns ermöglicht, einen Komplex experimenteller Tatsachen zu verknüpfen und soweit dieser Komplex nicht durch neue Entdeckungen starke Umformungen erleidet.

Diese Einschränkung scheint immerhin zugunsten der von Duhem bekämpften Auffassung zu sprechen. Auf derselben Stufe der wissenschaftlichen Entwicklung nehmen wir gewiß nicht

[1]) Vgl. Duhem, Les théories électriques de Maxwell, S. 221, 223.

an, daß irgend eine Menge von Hypothesen in gleicher Weise unsere physikalisch-chemischen Erkenntnisse zu organisieren und deren Gesamtzustand treu darzustellen vermag. Nehmen wir aber an, die Theorie gelte nur für eine bestimmte Zeit, finden wir nicht diese Vielfältigkeit nach dem Maße der wissenschaftlichen Entwicklung? Sie ist nicht gleichzeitig vorhanden, zeigt sich aber ebenso gut, sowie wir mehrere aufeinanderfolgende Momente betrachten. Die theoretische Physik wird so wieder zu einem illusorischen Spiel des Geistes. Es besteht vielleicht in jedem Augenblicke eine bequemere theoretische Physik, die also in einer gegebenen Wissenschaftsphase von wesentlich transitorischem und flüchtigem Charakter annehmbarer ist; wenn wir uns aber über die zeitweiligen Zufälligkeiten erheben, so finden wir eine unendliche Möglichkeit theoretischer Hypothesen. Duhem muß demnach seine Anschauung ergänzen, soll sie wirklich zusammenhängend und originell sein und nicht mit dem von ihm bekämpften Neoskeptizismus verwechselt werden.

Er tut dies, indem er sein ausgezeichnetes Wissen um die Geschichte der physikalisch-chemischen Disziplinen heranzieht. Die theoretische Physik bietet uns keineswegs einen Komplex divergierender oder gegensätzlicher Hypothesen dar. Vielmehr zeigt sie dem aufmerksamen Beobachter ihrer Umwandlungen eine stetige Entfaltung, eine wahre Entwicklung. Die Theorie, welche auf einer bestimmten Wissenschaftsstufe als hinreichend erscheint, fällt nicht als Ganzes, sobald das Gebiet der Wissenschaft sich erweitert. Geeignet, eine gewisse Anzahl von Tatsachen zu erklären, bleibt sie für diese nach wie vor gültig. Nur ist sie es nicht mehr für neue Tatsachen; sie ist nicht zerstört, nur unzureichend geworden. Warum? Weil unser Geist das Komplizierte nur nach dem Einfachen, das Allgemeinere nur nach dem weniger Allgemeinen zu erfassen vermag. Um sich nicht in den zu komplizierten Einzelheiten, welche ihm die genauen Beziehungen der Dinge verbergen, zu verlieren, hat er denn auch gewisse Beschaffenheiten vernachlässigt, die Untersuchungsbedingungen eingeschränkt, das Feld der Beobachtung und Experimentierung reduziert. Richtig aufgefaßt, erweitert die wissenschaftliche Entdeckung dieses Gebiet nur allmählich, nur

stufenweise hebt sie gewisse Einschränkungen auf und bringt die vorerst entbehrlich befundenen Betrachtungen wieder zur Geltung.

II. Destruktiver Teil.

1. Wenn wir nun einer theoretischen Physik bedürfen, können wir uns mit dem begnügen, was uns der traditionelle Mechanismus hinterlassen hat? Duhem findet es für unangebracht, unsere gegenwärtigen physikalisch-chemischen Erkenntnisse hier unterzubringen. Die Wohnräume sind bald zu eng, bald zu ausgedehnt; manche sind übermäßig gewunden, Labyrinthe; andere passen sich nicht genau den Erfordernissen der dort unterzubringenden Tatsachen an. Überall Kompliziertheit, Schwierigkeiten, Unzulänglichkeiten nirgends Angemessenheit der Theorie gegenüber der Wirklichkeit.

Wir müssen uns dann fragen, warum alle diese klassischen Theorien, die fast allgemein gelehrt werden, welche die Billigung der hervorragendsten Forscher erhalten haben und das Ergebnis dreier Jahrhunderte ausdauernder Arbeit sind, so zusammenhangslos, unvollständig und vag sind.

Es ist kaum anzunehmen, daß sie an sich selbst schlecht entwickelt worden sind; ihre Urheber bürgen uns für das Gegenteil. Die Antwort muß daher lauten: Weil das Unternehmen chimärisch war, konnte es nicht gelingen.

Und warum konnte es nicht gelingen? Warum sollten sich die physikalisch-chemischen Wissenschaften nicht als eine Erweiterung der Mechanik entfalten? Hier gibt es kein Zaudern: nur deshalb, weil die traditionelle Mechanik, die Mechanik des Mechanismus sozusagen, unzureichend ist. Sie bezieht sich auf gewisse Abstraktionen, auf gewisse Vereinfachungen der Naturphänomene, nicht auf diese selbst. Kein Wunder also, daß man nicht aus einer Reihe von Hypothesen, welche parteiisch gewisse Eigenschaften der Naturobjekte vernachlässigt, eine Erklärung dieser Eigenschaften gewinnen kann. Im ganzen bleibt die Mechanik Lagranges innerhalb zu enger Grenzen, als daß sie zum allgemeinen Rahmen der Naturerklärung dienen könnte.

2. Wie Duhem recht wohl weiß, läßt sich hierauf einwenden, die klassische Mechanik scheine deshalb nicht zu einer

Deutung des Universums zu genügen, weil dieses Universum trotz der Fortschritte der Wissenschaft gegenwärtig noch recht unbekannt ist. Verglichen mit dem Bereiche unserer Gewißheiten, ist unser Nichtwissen fast unendlich. Das kleinste wahrnehmbare Molekül ist ein kosmisches System, verglichen mit dem Uratom der mechanischen Theorien.

So sind wir denn wissentlich genötigt, grobe und vage Hypothesen statt des wirklichen Mechanismus heranzuziehen, dessen Kompliziertheit und Feinheit noch unserer kühnsten Induktionen spottet. Diese Hypothesen werden die Dinge nur im Groben zum Ausdruck bringen, sie werden an der Oberfläche der Erscheinungen kleben bleiben, entfernte Resultate darstellen. Ihre Maschen erscheinen als zu weit, um das Wirkliche zurückbehalten zu können. Können wir aber eines Tages — dem wir uns immer mehr nähern, so entfernt er auch sein mag — die letzten Einzelheiten der Bewegung durchdringen, so beweist uns nichts, daß sie nicht durch die Gesetze der traditionellen Mechanik streng beherrscht werden. Unsere Hypothesen führen behufs einer mechanischen Erklärung verborgene Bewegungen, ein statistisches Gleichgewicht ein, d. h. grobe Annäherungen, um dem, was unsere Wissenschaft noch nicht zu erfassen vermag, zu entsprechen. Aber wir werden schließlich die verborgenen Bewegungen sichtbar machen und das statistische Gleichgewicht aus seinen Komponenten exakt ableiten. Dieser Tag kann uns sehr wohl die völlige Unterwerfung der Körperwelt unter die Mechanik Lagranges dartun. Die Mechanik Lagranges wird die gleiche Ausdehnung wie das Universum haben.

Duhem meint, diese Hoffnung sei illusorisch, weil nicht bloß die Formeln, in denen die verborgenen Bewegungen, die statistischen Gleichgewichte eine Rolle spielen, Lücken oder Verworrenheiten aufweisen. Schon die vorgebliche Erklärung der einfachsten sinnlich wahrnehmbaren Vorgänge, die der Beobachtung ganz unmittelbar zugänglich sind, enthält sie.

„Eine nur einigermaßen sorgfältige Beobachtung der physikalischen Vorgänge scheint zu folgendem Schlusse zu berechtigen: Es besteht eine absolute Unvereinbarkeit zwischen der Mechanik Lagranges und den Gesetzen der Physik; diese Unvereinbarkeit bezieht sich nicht bloß auf die Gesetze der Vorgänge, deren

Zurückführung auf die Bewegung der Gegenstand der Hypothese ist, sondern auch auf Gesetze der wahrnehmbaren Bewegungen."

„Diese Unvereinbarkeit bezeugen sehr einfache Beispiele auf das klarste. Die unmittelbarste Konsequenz der Gleichungen *Lagranges* ist gewiß die Gleichung der lebendigen Kraft. Wenn die ein System erregenden Kräfte von einem Potential abhängig sind, bleibt die Summe dieses Potentials und der lebendigen Kraft während der ganzen Dauer der Systembewegung konstant. Nun sind die Wechselwirkungen der verschiedenen Teile des Systems stets von einem Potential abhängig; es brauchen also die Außenkräfte nur von einem Potential abhängig zu sein, damit das System dem Gesetze, dessen Inhalt wir in Erinnerung brachten, unterworfen ist. Dieser Lehrsatz ist auf ein System anwendbar, welches eine einzige äußere Wirkung, die der Schwere, erleidet."

„Verfolgen wir ein solches System in seiner Bewegung. Sowie es dieselbe Form annimmt und die gleiche Lage passiert, nimmt das Potential der inneren und der äußeren Kräfte den gleichen Wert an; die lebendige Kraft muß dies also ebenfalls tun."[1])

Nun zeigen uns aber ganz einfache Beobachtungen, daß die natürlichen Bewegungen dem Gesetz der Erhaltung der lebendigen Kraft widersprechen.

Übrigens wird es stets gestattet sein, verborgene Bewegungen von der Form anzunehmen, daß sie im Vereine mit den wahrnehmbaren Bewegungen zur Erklärung der empirischen Phänomene genügen. Wenn man auch zu einigen Komplikationen gelangt, so wird doch das Unternehmen schließlich notwendig gelingen. Daß man aber *immer* eine Erklärung geben kann, indem man eine Hypothese zur Hilfe nimmt, welche die Bedingungen des Problems durchaus *unbestimmt* lassen und die völlig willkürlich ist, ist soviel, als hätte man niemals eine Erklärung. Wenigstens gibt man dann allen Anspruch auf Objektivität auf. Die verborgene Bewegung ist der „Deus ex machina"

[1]) L'évolution de la mécanique (Revue générale des Sciences, 1905, S. 184).



des Physikers; weit entfernt, eine spätere, den Tatsachen entsprechendere Deutung zu vertreten, öffnet sie der Willkür Tor und Tür, ist sie ein ständiges asylum ignorantiae.

III. Die positive Leistung Duhems.

1. Die klassische Konstruktion ist unbedingt durch eine andere zu ersetzen. Duhem hat zerstört, um neu aufzubauen. Welchen Geist atmet nun diese neue Mechanik?

„Wir fordern heute von den physikalischen Theorien nicht mehr einen einfachen, leicht vorstellbaren Mechanismus, aus dem sich die Phänomene erklären; wir betrachten jene als rationale, abstrakte Konstruktionen, deren Zweck die Symbolisierung eines Komplexes experimenteller Gesetze ist. Um uns nun die von uns untersuchten Eigenschaften vorzustellen, nehmen wir in unseren Theorien ohne Schwierigkeit Größen irgendwelcher Art an, die nur klar bestimmt sein müssen, während es nicht darauf ankommt, ob die Einbildungskraft die durch diese Größen bezeichneten Qualitäten erfaßt oder nicht. So bleiben z. B. die Begriffe der Magnetierungs- und der Polarisationsintensität der Einbildungskraft unzugänglich, während sie die magnetischen Korpuskeln Poissons, die elektrischen Korpuskeln Faradays, die an ihren beiden Enden mit flüssigen Schichten von entgegengesetzten Vorzeichen bedeckt sind, sehr leicht erfaßt. Aber der Begriff der Polarisationsstärke schließt eine viel geringere Anzahl willkürlicher Hypothesen ein als der Begriff des polarisierten Partikelchens, er ist freier von allen Voraussetzungen betreffs der Konstitution der Materie, er ersetzt die Diskontinuität durch die Stetigkeit, ermöglicht einfachere, exaktere Rechnungen, und so geben wir ihm den Vorzug."

Die theoretische Physik erklärt nicht, sie beschreibt. „Jenen, welche wollen, daß ihre Theorien die Natur und die Ursache der physikalischen Gesetze erklären, stellen wir den Physiker entgegen, welcher in der theoretischen Physik nur ein Symbol für diese Gesetze sucht; er wird nicht von vornherein die Anzahl und Beschaffenheit der Begriffe, die er miteinander zu kombinieren vermag, begrenzen, er wird in sein System keine anderen Größen hineinnehmen als die der Geometrie und der

Mechanik.[1]) Sobald eine Größe klar bestimmt sein wird, sobald man die Regeln, denen gemäß sie in den Ableitungen und Rechnungen behandelt werden muß, präzis aufgestellt haben wird, wird er in keiner Weise sich weigern, sie zu verwenden. Wenn die betreffs dieser Größe ersonnenen Hypothesen eine klare Vorstellung der fraglichen Erscheinungen gestatten, wird er zufrieden sein und er wird nicht Zeit und Mühe mit der Ersetzung dieses Begriffes durch eine Kombination geometrischer und mechanischer Anschauungen verlieren.“ [2])

Die ältere Mechanik kannte nur eine Veränderung, nämlich jene, durch welche ein Körper in verschieden Augenblicken verschiedene Raumstellen einnimmt, die Ortsveränderung, die Bewegung im engeren Sinne des Wortes. Die neue Mechanik wird dem Bewegungsbegriff den weiten Umfang wiedergeben, den ihm Aristoteles zuwies.

„Gewiß wird sie von der Ortsveränderung und dem Formwechsel handeln. Aber sie wird auch von den Veränderungen handeln, durch welche die verschiedenen Qualitäten eines Körpers an Intensität zu- oder abnehmen, durch welche ein Körper sich erwärmt oder abkühlt, magnetisch oder unmagnetisch wird. Ebenso wird sie von den Veränderungen des physikalischen Zustandes handeln, durch welche ein Ganzes qualitativer oder quantitativer Eigenschaften verschwindet, um einem anderen Komplex ganz verschiedener Eigenschaften Platz zu machen, wie dies beim Schmelzen des Eises, der Verdunstung des Wassers, der Umwandlung des weißen in roten Phosphor der Fall ist. Diese Veränderungen werden für sie Bewegungen sein; die Scholastik hätte sie Zustandsveränderungen genannt.“

„Die Untersuchung solcher Bewegungen wird noch nicht das ganze Gebiet umfassen, welches die neue Mechanik ihren Gesetzen unterordnen will. Sie behandelt auch Veränderungen, wo ein Komplex von Substanzen verschwindet und einem anderen Komplex von Substanzen Platz macht, Veränderungen, welche die Peripatetiker als Zerstörungen und Erzeugungen betrachtet hätten und die wir heute chemische Reaktionen nennen. Die

---

[1]) Vgl. die Theorie Ostwalds.

[2]) Réflexions au sujet des théories physiques (Revue des questions scientifiques, Januar 1892, S. 161, die Sperrschrift rührt von mir her).

neue Mechanik will nicht nur eine physikalische sondern auch eine chemische Mechanik sein."

„Der Umfang, den der Begriff der Bewegung annimmt, bedingt eine ebensolche Erweiterung seines Gegensatzes, des Begriffes des Gleichgewichts . . .; man wird demnach nicht bloß vom formellen, sondern auch vom chemischen, elektrischen, magnetischen, chemischen Gleichgewicht sprechen." [1])

2. Wie entwickelt sich diese Mechanik, deren Gegenstand Duhem bestimmt und deren Gebiet er absteckt? Skizziert ist diese Entwicklung mehrfach, in dem „Traité élémentaire de mécanique chimique", in der Abhandlung „Thermodynamique et chimie", nirgends aber so genau wie in dem „Commentaire aux principes de la Thermodynamique".

Schlägt man ein Lehrbuch der klassischen Mechanik auf, so findet man auf den ersten Seiten die Berufung auf einige sehr einfache Erfahrungen. Nichts davon tritt uns bei Duhem entgegen. Zwar scheinen gewisse Elementarerörterungen, namentlich die in der „Revue générale des Sciences" enthaltenen, von der Erfahrung auszugehen. Aber abgesehen davon, daß sie nicht definitiv sind und die vom Verfasser auf der Suche nach einer streng wissenschaftlichen Darstellung endgültige Form nicht aufweisen, ist es klar, daß Beobachtung und Erfahrung stets zur Erläuterung gewisser Begriffe dienen und der Theorie eher eine grobe und vage Gestalt verleihen, daß sie aber überschritten und umgewandelt werden, wenn sie vollständig entwickelt werden sollen. Man wird dann wohl die Ergebnisse der Erfahrung finden — was wäre sonst die Theorie? — aber die Theorie selbst wird autonom begründet, sozusagen in einer andern, ganz formalen Sphäre: more geometrico. Erst nach ihrer Ausgestaltung kommt die Konfrontierung mit der Erfahrung in Frage. Hier zeigt sich die Originalität Duhems.

Zuvörderst werden gewisse Konventionen und Definitionen aufgestellt, welche die Grundprinzipien der neuen Mechanik und die für deren Entwicklung notwendigen Axiome darstellen.

---

[1]) L'évolution de la mécanique (Revue générale des Sciences 1903, S. 306).

Die Konventionen fixieren die allgemeinen Bedingungen, denen alle folgenden Sätze notwendig unterworfen sein werden. Sie bezeichnen den strengen Rahmen, der in absoluter Weise das Gebiet der Mechanik absteckt, deren Grenzen in keinem Falle zu überschreiten sind.

Die für die Entwicklung der Theorie notwendigen Axiome sind im Grunde von derselben Art wie die vorläufigen Definitionen, es sind weder Ausdrücke noch Eingebungen der Erfahrung. Sie stellen sich auch nicht als die bequemeren Operationen dar, die wir bei der Organisation unserer Erkenntnisse zur Verfügung haben. Sie bestehen in Sätzen, die lediglich zu formulieren sind, „wenn nur zwischen den Gliedern eines Satzes oder zwischen zwei Sätzen kein Widerspruch besteht". Sind aber diese Postulate und vorläufigen Konventionen aufgestellt, so muß die Theorie sich streng an sie halten; sie geben ihr auch einen festen, unabänderlichen Zusammenhang. Von den vorläufigen Definitionen unterscheiden sich die Postulate nur durch ihre Stellung in der Theorie und den Gebrauch, den man von ihnen macht. Sie schreiben den von der Theorie verfolgten Weg vor, determinieren die Anordnung ihres Inhalts, während die Definitionen bloß den Umriß ihres Gebietes verzeichnen.

Hiernach sind für Duhem die vorläufigen Konventionen, auf die er die Thermodynamik gründet, die Basis der allgemeinen Mechanik, wodurch sie das Gesamtgebiet der Physik beherrschen. Sie werden mit völliger Vernachlässigung aller experimentellen Anschauung formuliert. Es sind die folgenden:

„Von der absoluten Bewegung. Die Erfahrung läßt uns feststellen, ob zwei Teile der Materie sich gegenseitig verschoben haben, so daß der Begriff der relativen Bewegung ein Erfahrungsbegriff ist, von dem die Kinematik handelt."

„Dieser Begriff genügt aber nicht für den von uns zu untersuchenden Gegenstand. Die Hypothesen, die wir aufzustellen, die Gesetze, die wir zu formulieren haben, werden nicht bloß die relativen Bewegungen der verschiedenen Teile der Materie im Verhältnis zu einder heranziehen. Sie werden die Bewegungen der verschiedenen Teile der Materie in Beziehung zu einem idealen Trieder, das man sich irgendwo verzeichnet denkt, heranziehen. Oft werden Sätze, welche die Bewegungen in Be-

ziehung zu diesem Trieder zum Gegenstande haben und die wir für exakt halten, offenbar falsch werden, wenn man sich die Bewegungen auf ein anderes Trieder bezogen denkt, welches in Beziehung zum ersteren irgendwie bewegt wird. Diesem besondern Trieder, auf das alle in Frage kommenden Bewegungen bezogen werden, geben wir den Namen eines absolut fixen Trieders; die Achsen desselben werden die absolut fixen Achsen sein und eine auf dieses Trieder bezogene Bewegung wird absolute Bewegung heißen."[1])

„Von den Körpern und den Verbindungen oder Kombinationen. Körper nennen wir einen linear ausgedehnten, von einer bestimmten Menge Materie stetig erfüllten Raum. Wir erörtern nicht die Frage, ob die Körper in Wirklichkeit kontinuierlich oder ob sie aus diskreten Teilen bestehen, die durch sehr kleine Zwischenräume sehr wenig voneinander geschieden sind."

„Innerhalb der Physik ist die Erkenntnis der realen Konstitution der Materie unmöglich und auch zwecklos. Wir wollen hier bloß ein abstraktes System konzipieren, welches uns ein Bild der materiellen Eigenschaften gibt. Für die Konstruktionen dieses Systems steht es uns frei, uns einen kontinuierlich erscheinenden Körper entweder als eine stetige Verteilung von Materie in einem bestimmten Raume oder als einen unstetigen Komplex sehr kleiner Atome zu denken. Da die erste Vorstellungsweise auf allen Gebieten der Physik zu einfacheren, klareren und eleganteren Theorien führt, ziehen wir sie der zweiten vor."

„Wir betrachten zwei Körper A und B, welche in einem gegebenen Moment t die Räume a und b einnehmen, ohne gemeinsame Teile zu besitzen. Diese beiden Körper sind nicht immer und nicht notwendig getrennt; die materiellen Teile, aus denen sie bestehen, können in einem von t verschiedenen, ihm vorangehenden oder folgenden Momente t' einen einzigen Körper C bilden, welcher den Raum c einnimmt und zwar so, daß jedes Element dw des Raumes c im Moment t' einen

[1]) Commentaire aux principes de la Thermodynamique, Journal de mathématiques pures et appliquées 1892, S. 271.

materiellen Teil enthält, welcher im Moment t den Körper A bildet, und einen materiellen Teil, welcher im Moment t den Körper B bildet, indem der erste Teil im Moment t ein Element des Raumes a mit dem Volumen dv, der zweite Teil im Moment t ein Element des Raumes b mit dem Volumen dv' bildet." „In diesem Falle sagt man, der Körper C entsteht aus der Verbindung oder der Kombination der beiden Körper A und B."

„Viele Physiker wollen die Möglichkeit der Kombination oder Vermischung, wie wir sie eben bestimmt haben, nicht zugeben. Sie halten diese innige Durchdringung für unmöglich, vermöge deren die Materie, welche jedes Volumelement des stetigen Körpers C erfüllt, aus der Vereinigung der Materie, die ein Volumelement des stetigen Körpers A enthält, und der Materie, welche ein Volumelement des stetigen Körpers B enthält, entspringt. Diese Unmöglichkeit nennen sie die Undurchdringlichkeit der Materie."

„Für diese Physiker bedeuten die Ausdrücke „Mischung", „Kombination" nur Erscheinungen. Wenn wir zu sehen glauben, wie die beiden Körper A und B sich vereinigen, um einen neuen Körper C zu bilden, so bleiben die äußerst kleinen Teile a, deren unstetiger Komplex jeden dieser beiden Körper konstituiert, in Wirklichkeit geschieden; die Teilchen des Körpers A überlagern sich bloß den Teilchen des Körpers B, ohne daß der von den Teilchen des Körpers A erfüllte Raum mit dem von einem Teilchen des Körpers B erfüllten Raum ein Stück gemein hat."

„Analoge Gründe, wie die, welche uns die einen Körper bildende Materie als kontinuierlich ansehen lassen, bestimmen uns zur Ablehnung dieser Auffassung der Mischung oder Kombination und zur Annahme der von uns gegebenen Definition." [1])

Die dritte Konvention besteht in der Annahme isolierter Körper im Raume. „Dieser Begriff des isolierten Körpers in einem unbegrenzten, absolut leeren Raume ist eine reine Abstraktion. Niemals zeigt uns die Erfahrung einen Körper, der nicht von allen Seiten an andere Körper anstößt, und die Physik

---

[1]) Commentaire aux principes de la Thermodynamique (Journal des Mathématiques pures et appliquées, 1892, S. 272 f.).

führt uns zu der Annahme, daß, auch wenn wir alle festen, flüssigen oder gasförmigen Körper, die sich unmittelbar oder mittelbar erfassen lassen, so hinwegnehmen könnten, daß in dem Raume, der einen bestimmten Körper umfaßt, eine physikalische Leerheit entstände, dieser Raum doch von einer gewissen, Äther genannten Materie erfüllt wäre!"[1])

Der Zustand eines Körpers „wird durch eine gewisse Anzahl Veränderlicher bestimmt, welche nicht bloß die Form und Lage der verschiedenen Systemteile, sondern auch alle Qualitäts- und Eigenschaftsarten dieses Systems bezeichnen . . . Wir nehmen an, daß die Veränderlichen sich immer wählen lassen ..., so daß die Größe, welche die Temperatur darstellt, konstant Null beträgt. Wir sagen dann, das System der Veränderlichen . . . stellt ein System normaler Veränderlicher dar."[2])

Die durch diese Veränderlichen bezeichneten Größen werden laut der Definition und nur gemäß dieser unabhängig oder abhängig sein, je nachdem ihre Definition eine Beziehung zwischen ihren Werten einschließt oder nicht. „Wenn wir von Abhängigkeit zwischen verschiedenen Größen sprechen, so meinen wir stets nur eine aus der Definition der Größen sich ergebende, nicht eine einem physikalischen Gesetz entspringende Abhängigkeit, so daß die logisch unabhängigen Größen nicht auch physikalisch unabhängig sein müssen."[3])

Jene von diesen Größen, welche dem isoliert aufgefaßten System in jedem Moment denselben Wert geben, bestimmen die Natur des Systems. Die anderen, zeitlich wechselnden, bestimmen dessen Zustand.

„Betrachten wir die unabhängigen Größen, welche zur Vorstellung der Eigenschaften eines Systems im einzelnen Moment t völlig genügen. Die einen, A, B . . . L, bestimmen die Natur des Systems, die anderen, α, β, λ, dessen Zustand. Behalten die Größen, A, B . . . L ihre Werte und gibt man den Veränderlichen α, β . . . λ andere Werte α', β', . . . λ, so hat man die Darstellung eines andern Zustandes desselben Systems."

[1]) A. a. O. S. 274.
[2]) Traité élémentaire de mécanique chimique, S. 29.
[3]) Commentaire aux principes de la Thermodynamique (Journal des Mathématiques pures et appliquées, 1892, S. 276).

„Denken wir uns so eine stetige Reihe verschiedener Zustände eines Systems, d. h. eine stetige Reihe von Gruppen mit den Größenwerten α, β, ... λ. Lenken wir unsere Aufmerksamkeit der Reihe nach auf diese verschiedenen Zustände, in einer Ordnung, welche den stetigen Übergang von einem zu andern gestattet. Zur Bezeichnung dieser rein intellektuellen Operation sagen wir, daß wir dem System eine virtuelle Modifikation geben."[1])

Jede zu verwirklichende Modifikation entspricht einer virtuellen Modifikation, aber nicht umgekehrt.

„Das Wort „Bewegung" hat für ein System nur dann einen Sinn, wenn man dieses System während eines, wenn auch noch so kurzen, Zeitabschnittes betrachtet ... Wir sagen, die Bewegung des Systems im Momente t ist bestimmt, wenn wir nicht bloß den Zustand des Systems, sondern auch die Größe und Richtung der Geschwindigkeit kennen, mit welcher die jedes der Volumenelemente des Systems erfüllende Materie behaftet ist."[2])

Die Veränderlichen α, β ... λ zerfallen in zwei Gruppen: in jene, welche, da das materielle System im Raume ruht, zeitlich nicht mehr variieren können, und jene, welche noch variieren können; der Körper heißt dann ruhend. Im Gleichgewichte befände er sich, wenn keine der Veränderlichen eine Veränderung erlitte. Wie wir sehen, hat der Ausdruck „Gleichgewichtszustand" einen viel vollständigeren Sinn als den des Ruhezustandes, den die ältere Mechanik allein berücksichtigt.

Haben die Veränderlichen schließlich wieder ihren Anfangswert angenommen, so hat das System der Definition nach einen geschlossenen Kreis durchlaufen.

„Unter den Veränderlichen, welche zur Bestimmung eines Zustandssystems dienen, ist eine, die (in dem hier dargelegten System) eine ganz besondere Rolle spielt, nämlich die Temperatur." Ist hier eine Berufung auf die Erfahrung zu erblicken? Scheinbar unausweichlich. Aber Duhem findet ein Mittel, seinem Formalismus treu zu bleiben. Jene Eigenschaft der Körper,

---

1) A. a. O. S. 276.
2) A. a. O. S. 277.

„welche wir mit den Worten: warm, kalt, mehr oder minder kalt bezeichnen, erhält durch unsere Abstraktionsfähigkeit Merkmale, welche die Sinnesempfindung nicht dartut." Auf diese Weise verwandeln wir die Sinnesanschauung in den Qualitätsbegriff „Temperatur".

Dann „nehmen wir folgendes Gesetz als genau geltend an: Damit ein isoliertes System im Gleichgewicht ist, müssen alle materiellen Teile desselben gleich warm sein."[1])

Dieser hier durchaus konventionelle Satz rechtfertigt die bevorzugte Stellung der veränderlichen „Temperatur". Er wird zum notwendigen Kriterium des Gleichgewichts, d. h. zum Maßstab, auf den sich alle Variationen der Veränderlichen zurückführen lassen.

3. Der Leser ist gewiß durch Ausdrücke, wie: wir wählen, nehmen als genau an . . ., setzen fest u. dgl. frappiert. Er hat namentlich bemerkt, daß bei der Grundlegung zu den Wissenschaften von den konkreten Umsetzungen in der Natur keinen Augenblick von der Berücksichtigung der Wirklichkeit die Rede war.

Bei einer weiteren Untersuchung der wissenschaftlichen Arbeit Duhems würden wir finden, daß die Definition der Energie, der Arbeit, der Wärmemenge, der Begriff der umkehrbaren Modifikation als eben so viele, vom Denken willkürlich gemachte Konventionen sich darstellen. Die Postulate der Thermodynamik, das Prinzip der Erhaltung der Energie und der Carnotsche Satz erscheinen hier als Ableitungen aus diesen allgemeinen und anderen, mehr speziellen Konventionen. Endlich dienen diese Postulate und Definitionen unmittelbar zur Formulierung der Gleichungen der allgemeinen Mechanik, welche Duhem insgesamt als eine Konsequenz der Thermodynamik hinstellt. Diese Gleichungen werden um so komplizierter, je mehr sie zur Darstellung neuer Eigenschaften dienen. Niemals aber — dies ist als der Kern seiner Lehre zu betonen — stellen sich die mathematischen Ausdrücke, die von ihm in der allmählichen Vervollständigung seiner Arbeit vorgeschlagen wurden, so dar, als ob sie reale, der Natur der Dinge entnommene Größen als durch die Struktur der Dinge gesetzte Notwendigkeiten einführten.

---

[1]) A. a. O. S. 285.

Stets ist es eine bloße analytische Entwicklung, die auf mathematischen Gründen beruht und die zu den Vorgängen keine andere Beziehung hat als die spätere Möglichkeit, sie mit größerer Genauigkeit darzustellen. Es sind Rahmen von verschiedener Größe, welche ein Maler für die später zu malenden Bilder bereit hält.

4. a) Die von Duhem dargelegte theoretische Physik weist also zunächst ein Merkmal auf: sie ist rein formal, kömmert sich nicht um den realen Inhalt ihrer Beziehungen, nicht um die durch ihre Größen geschätzten objektiven Eigenschaften.

Eine merkwürdige Sache. Duhem reformiert die Mechanik, um die Theorie mit der konkreten Wirklichkeit in Übereinstimmung zu bringen, und bei dem Aufbau der neuen Mechanik wird der Erfahrung niemals gedacht. Selbst in den formalsten Darstellungen der klassischen rationellen Mechanik — und bekanntlich waren in letzter Zeit fast alle Darstellungen (wenigstens die französischen und deutschen) so formal wie möglich — berief man sich stets auf die experimentelle Anschauung, um die Grundprinzipien aufzustellen. Nun findet ein Forscher, diese Mechanik stimme nicht mit der Gesamtheit der Tatsachen überein, sie entferne sich zu sehr von den physikalisch-chemischen Wirklichkeiten. An deren Stelle schlägt er ein System vor, wo wir von vornherein keiner Berufung auf die Erfahrung mehr begegnen, oder höchstens nach dem völligen Ausbau der Theorie. So scheint es, als ob die Wirklichkeit aus den Formeln dieses Systems sich ableitet, nicht aber diese Formeln aus der Wirklichkeit.

Der eingeschlagene Weg hängt allein von der Konvention ab, und diese wiederum von der Wahl des Forschers. Nichts beschränkt diese Willkür. Die theoretische Physik wäre dem sicheren Scheitern verfallen, wenn in die Ausarbeitung der Theorie sich wirkliche Vorurteile einschlichen. Das Willkürliche muß also rationell sein. Der Hypothese freien Lauf lassen, heißt nicht, der Absurdität und dem Widerspruche Tür und Tor öffnen; sonst wäre der Aufbau einer Theorie zwecklos. Nein, die Theorie wird jene Dienste erweisen, die der Physiker unter dieser absoluten Bedingung von ihr erwarten darf; bei klar bestimmtem Ausgangspunkt wird sie sich mit unweigerlicher Logik entwickeln. Nur hängt eben der Ausgangspunkt von willkürlich gewählten

Konventionen ab, die freilich bis zum Ende eingehalten werden müssen. Alle Wege zwischen diesem Ausgangs- und Endpunkt werden gut sein, vorausgesetzt, daß die Rechnung sich ohne Schiebungen oder Lücken nach den Regeln der Mathematik entwickelt.

Die wissenschaftliche Theorie Duhems ist, wie er selbst gern sagt, ein algebraisches Schema. Die theoretische Wissenschaft ist ein Mathematismus. Hier würde er mit Descartes oder Leibniz sich berühren, den Begründern des Mechanismus, den er in allen Punkten bekämpft; denn sie strebten nach einer universellen Mathematik, auf die sich alle Gesetze der Körperwelt zurückführen lassen. Aber die Willkür, welche im Mathematismus Duhems herrscht, zeigt uns leicht, daß die Analogie nur formaler Art ist und daß wir hier von dem rationalistischen Dogmatismus dieser Philosophen weit entfernt sind.

„Eine physikalische Theorie kann im Laufe ihrer Entwicklung die ihr passenden Wege wählen, wenn sie nur jedweden logischen Widerspruch vermeidet; namentlich hat sie nicht die Erfahrungstatsachen zu berücksichtigen. Wenn man nun im Verlaufe der Ableitungen, mittelst welcher die Theorie sich entwickelt, den algebraischen Operationen und Rechnungen die Größen unterwirft, auf die sich die Theorie bezieht, hat man sich nicht zu fragen, ob diese Operationen und Rechnungen eine physische Bedeutung haben; genauer, man braucht sich nicht zu fragen, ob die Anwendung der Maßbestimmungen deren Übersetzung in die konkrete Sprache gestattet und ob sie dann den wirklichen oder möglichen Tatsachen entsprechen. Sich eine solche Frage stellen, heißt, einen ganz falschen Begriff von der Struktur einer physikalischen Theorie haben."

„Wir berühren hier ein Prinzip, welches so wesentlich ist, daß es uns gestattet sein wird, unseren Gedanken durch ein Beispiel zu belegen und zu erklären."

„J. Willard Gibbs hat die Dissoziation einer vollkommenen Gasverbindung in ihre Elemente, welche ebenfalls als vollkommene Gase gelten können, studiert. Es ergab sich eine Formel, welche das Gesetz des chemischen Gleichgewichts im Innern eines solchen Systems ausdrückt. Ich lasse zu diesem Zweck den Druck konstant, welchem die Gasmischung ausgesetzt

ist, berücksichtige nur die absolute Temperatur, welche in die Formel eingeht und lasse sie von 0 bis ∞ variieren."

„Will man dieser mathematischen Operation eine physische Bedeutung geben, so wird man die Einwände und Schwierigkeiten sich häufen sehen. Kein Thermometer kann uns die Temperaturen unterhalb einer gewissen Grenze markieren, keines kann die genügend hohen Temperaturgrade angeben. Dieses Symbol, welches wir absolute Temperatur nennen, läßt sich nicht durch die uns zur Verfügung stehenden Maßbestimmungen in etwas Konkretes umsetzen, wenn nicht dessen Zahlenwert zwischen einem gewissen Minimum und Maximum bleibt. Übrigens ist bei hinreichend niedrigen Temperaturen das von der Thermodynamik als ‚volkommenes Gas' bezeichnete Symbol kein auch nur annäherndes Bild eines wirkliches Gases."

„Diese und noch viele andere, hier nicht aufzuzählende Schwierigkeiten fallen hinweg, wenn man die von uns formulierten Bemerkungen beachtet. Bei der Konstruktion der Theorie ist die erwähnte Erörterung nur ein Zwischenglied, es besteht kein Grund dazu, nach einem physikalischen Sinn derselben zu suchen."[1]

„Mathematischer Formalismus" ist wohl die beste Bezeichnung für die Anschauung Duhems.

4. b) Wir dürfen jedoch nicht glauben, daß dieser mathematische Formalismus, der sich ohne Berufung auf die Beobachtung der Naturvorgänge ausgestaltet, diese Vorgänge nicht treffen wird. Duhem will ein System aufbauen, das adäquater ist als jenes, welches er kritisiert hat. Am Ende wird uns unser Formelspiel die Mittel zur Voraussicht wirklicher physikalisch-chemischer Umsetzungen an die Hand geben. Die Resultate werden mit der Wirklichkeit zusammenfallen müssen. Der mathematische Formalismus ist ein Mittel, nicht ein Zweck; „es ist das ein Prinzip, das man nie aus den Augen verlieren darf, will man die Mißbräuche der mathematischen Physik vermeiden".[2]

„Nach Vollendung des Baues tritt die Notwendigkeit ein, den Komplex der als Folgerungen aus diesen langen Ablei-

---

[1]) L'évolution de la mécanique, S. 304.

[2]) Revue des questions scientifiques, 1892, S. 173.

tungen gewonnenen Sätzen mit dem Inbegriffe der Erfahrungstatsachen zu vergleichen; man muß sich mittelst passender Maßbestimmungen dessen versichern, daß der erste Komplex im zweiten ein genügend ähnliches Bild, ein genügend präzises und vollständiges Symbol findet. Offenbart sich diese Übereinstimmung der Theorie mit den Erfahrungstatsachen nicht hinreichend approximativ, so muß die Theorie, mag sie auch logisch richtig gebildet sein, doch abgelehnt werden, weil ihr die Beobachtung widerspricht und sie physikalisch falsch ist. Es ist die Aufgabe der Theorie, eine symbolische Beschreibung. ein möglichst umfassendes, vollständiges und detailliertes Schema des Gebietes der Erfahrungstatsachen zu liefern. Soll die Theorie nicht ein sinnloses Gerede, ein bloßes Formelspiel sein, so muß es einen Schlüssel geben, der das Symbol der Wirklichkeit, das Zeichen dem Bezeichneten entsprechen läßt. Die Untersuchung dieses Schlüssels gehört in das dritte Gebiet der physikalischen Erkenntnis, in das Gebiet der Werkzeuge und Maßbestimmungen."[1])

Die physikalische Theorie verdient wohl den charakteristischen Namen, den wir ihr gaben, denn sie ist an sich rein formal; sie muß als Theorie ein abstraktes Spiel mathematischer Ausdrücke bleiben. Schließlich aber bekommt dieses Spiel einen Sinn, und zwar infolge von Messungen, welche eine Darstellung der Wirklichkeiten gestatten. Unsere Formeln müssen uns dann Resultate liefern, welche so genau als möglich mit dieser Wirklichkeitsdarstellung zusammenfallen.

5. Wozu verdoppeln wir aber dann das Ganze der experimentellen Forschungen durch eine Theorie? Ist diese nicht unnütz und überflüssig, ein unfruchtbarer Kraftaufwand des Forschers? Wie wir wissen, ist dies nicht die Meinung Duhems. Nun haben wir zu betrachten, wie er diese Ansicht begründet, und wir haben seine Wissenschaftslehre, seine Logik der physikalisch-chemischen Wissenschaften zu skizzieren.

Er teilt die Wissenschaften in zwei Gruppen, jene, in denen eine reine Beobachtung möglich ist (Biologie), und jene, in welchen die Erfahrung stets eine abstrakte und symbolische

---

[1]) L'évolution de la mécanique, S. 304.

Deutung ist, die nur innerhalb einer Theorie Sinn hat. Zu diesen letzteren gehören die physikalischen Wissenschaften; hier lassen sich die Ergebnisse sinnlicher Beobachtung nolens volens nur auf Grund einer Theorie formulieren, ein Schicksal, das jede einigermaßen fortgeschrittene Wissenschaft teilt. „Je weiter eine Wissenschaft fortschreitet und sich von der bloßen empirischen Erkenntnis, von der Feststellung der gröbsten Gesetze entfernt, nimmt die Bedeutung der Theorie für die Deutung der Erfahrungstatsachen zu. Im Beginne einer Wissenschaft, wenn sie gewissermaßen nur der aufmerksamer gewordene gesunde Menschenverstand ist, ist ihre Darstellung der Erfahrungstatsachen nur eine genaue Kopie der beobachteten Wirklichkeit; die Physiologie gewährt uns in verschiedenen ihrer Teile das Bild eines solchen Wissenschaftszustandes. In dem Maße, als die Wissenschaft fortschreitet, wird dann das Dickicht der theoretischen Erwägungen, welches die vom Beobachter wirklich festgestellte konkrete Tatsache von der abstrakten, symbolischen Übermittlung derselben scheidet, immer größer; ein Beispiel dafür ist die Chemie in ihrem gegenwärtigen Zustande, besonders jene Zweige derselben, deren Entwicklung am weitesten fortgeschritten ist, die Kohlenstoff- oder organische Chemie. Wie groß ist der Unterschied zwischen einer Erfahrungstatsache und der theoretischen Deutung und symbolischen Darstellung derselben seitens des Chemikers! Man ermesse die Kluft, die den Satz: die Erfahrung lehrt, daß durch Substitution eines H des Benzins durch das Gas CO—OH Benzoësäure gewonnen wird, von den durch ihn formulierten wirklichen Beobachtungen; dann wird man verstehen, daß, je weiter eine Wissenschaft fortschreitet, desto mehr die symbolische Darstellung, welche sie den Erfahrungstatsachen substituiert, abstrakt und wirklichkeitsfremd wird.“[1])

Die physikalisch-chemischen Wissenschaften können also nur bestehen, wenn sie stets eine „symbolische Darstellung“ geben; daher bilden ihre Theorien einen mathematischen Formalismus.

6. Bei der Ausgestaltung der theoretischen Physik beginnt

---

[1]) La physique expérimentale (Revue des questions scientifiques, Juli 1894, S. 187).

man damit, daß man jedem physikalischen Begriffe eine Größe zuordnet, um ihn zu messen oder genauer darzustellen. Die Variationen dieser Größe müssen in jedem Augenblick den Modifikationen entsprechen, welche die Intensität der durch sie dargestellten Eigenschaft aufweisen; man formuliert daher (wie wir dies bei der Darlegung der Bedingungen der Thermodynamik sahen) die Definitionen, welche zur Herstellung dieser Korrespondenz zwischen der Veränderlichen und der physischen Eigenschaft, deren Symbol sie ist, nötig sind. Diese Definitionen sind durchaus willkürlich. Es genügt, daß sie den von ihr verlangten Dienst so genau als möglich erweisen. Zwischen den verschiedenen, so definierten Begriffen stellt man eine gewisse Anzahl von Beziehungen her, welche in mathematischen Sätzen zum Ausdruck gelangen. Diese Beziehungen sind die Hypothesen, Prinzipien oder Postulate, deren Konsequenzen die Theorie entwickelt.

Dies ist das formale Gerippe der Theorie. Aber Duhem will die theoretische Physik begründen. Er glaubt, eine theoretische Physik läßt sich der anderen vorziehen, z. B. dem klassischen Mechanismus. Er nimmt also an, daß unter mehreren konventionellen Systemen eines existiert, welches vor den übrigen den Vorrang behaupten muß.

Es gibt in der Tat unweigerliche Gründe zur Wahl, welche alle Willkür ausschließen. Zunächst muß die Hypothese logisch zusammenhängend sein. Das Prinzip des Widerspruchs ist eine Schranke für jede Theorie; sind einmal die Konventionen angenommen, so müssen aus ihnen die Konsequenzen mit logischer Festigkeit gezogen werden, ohne den Nachschub, den die Vertreter der mathematischen Physik lieben. Ferner muß die Zahl der Konventionen so klein wie möglich sein. Die Einfachheit einer Hypothese ist ein Grund zu ihrer Bevorzugung. Daher ist Duhem ein Anhänger der Statik von Gibbs und der Dynamik von Helmholtz, welche weder verborgene Massen noch fiktive Verbindungen einführen. Jede Theorie hat ihre Lücken, keine ist vollkommen; aber diese Lücken müssen gleichfalls auf ein Minimum reduziert werden. Die Tragweite der Hypothese, ihre Eignung zu allgemeinen Rahmen für das Studium einer stets wachsenden Tatsachenmenge, ohne daß es einer Modifikation

ihrer Prinzipien bedarf, ist ein neuer Grund zur Beschränkung der Willkür des Physikers. Endlich ist die möglichst innige Koordination zwischen den Folgerungen aus der Hypothese und den Erfahrungstatsachen eine conditio sine qua von der Zulässigkeit der vorgeschlagenen Konventionen.

Vollkommen wäre also jene Hypothese, welche ein bloßer mathematischer Ausdruck der physikalischen Gesetze ist, deren Komplex darzustellen ist, vorausgesetzt, daß dieser Ausdruck ein streng zusammenhängendes logisches Ganzes bildet. Nicht eine einzige physikalische Theorie verwirklicht dieses Ideal vollkommen. Die aufgestellten Theorien weisen alle Grade zwischen den schlechten und der idealen Hypothese auf, ohne jemals mit der letzteren zusammenzufallen. „Es steht fest, daß, wenn man eine noch so umfassende und sichere physikalische Theorie genügend ausdehnt, sie stets zu Konsequenzen führt, welche der Erfahrung widersprechen." Der Wert der Theorien bleibt demnach in einem gewissen Maße ein relativer, aber es läßt sich der Wert einer Theorie, ihr Objektivitätsgrad erörtern, während sie in der rein empiristischen Kritik insgesamt als ihre Berührung mit der Wirklichkeit abgelehnt werden und man sie in der neo-idealistischen Kritik durchweg als subjektiv annimmt, was schließlich dem reinen Empirismus recht nahekommt. Duhem hingegen erklärt sich sowohl für die Notwendigkeit der Hypothese als auch für Gültigkeitskriterien und ein Wertmaß.

Die physikalische Theorie ist also nicht ein gleichgültiges oder zu vernachlässigendes Werk, sondern sie entspricht einem Bedürfnis und muß gegebenen Bedingungen entsprechen, „Die physikalische Theorie ist eine symbolische Konstruktion des menschlichen Geistes, dazu bestimmt, eine möglichst vollständige, einfache und logische Darstellung und Synthese der empirisch gefundenen Gesetze zu geben ... Wenn eine große Menge dieser theoretischen Konsequenzen in sehr annähernder Weise eine große Anzahl experimenteller Gesetze darstellen, dann ist die Theorie gut."[1])

7. Die Originalleistung Duhems bestand in der Darlegung

---

[1]) Les théories électriques de Maxwell (Revue des questions scientifiques, 20. Januar 1901).

des Nutzens und der unentbehrlichen Rolle der physikalischen Theorie, sowie ihrer relativen Selbständigkeit gegenüber den rein empirischen Ergebnissen. Eine Physik als Experimentalwissenschaft wird stets von einer theoretischen Physik begleitet, und beide entwickeln sich in harmonischer und paralleler Weise. Die Originalleistung Duhems bestand ferner in der Analyse der logischen Bedingungen dieser theoretischen Physik, in der Aufzeigung des feinsten Räderwerkes ihres Gefüges, in der Beschreibung ihrer Struktur und in der Festlegung ihres Wertes und ihrer Tragweite. Die allgemeine Richtung der Reform hatte Rankine angegeben, er hatte den Weg gezeigt, indem er den Plan zu einer Methode entwarf, welche, mit Vermeidung jedweder Hypothese, das Ergebnis der Erfahrung und nichts weiter darstellen sollte. Mach und Ostwald haben die Möglichkeit dieser reinen Darstellung der Erfahrung betont, indem sie die experimentellen Grundlagen und die experimentelle Entwicklung der Physik sorgfältig und bis in die kleinsten Details aufzeigten. Sie haben die Theorie nur in deren Verbindung mit der Erfahrung und um zu bekräftigen, daß sie die letztere nicht überschreiten oder entstellen dürfe, betrachtet. Nun blieb noch die spezielle methodologische Prüfung der physikalischen Theorie übrig, wie sie die neue Reform zu fordern schien, ferner die Analyse der organisierenden und generalisierenden Arbeit, welche die Theorie der Erfahrung superponiert. Und diese Aufgabe hat sich eben Duhem gestellt.

Er griff das Problem der Physik unmittelbar auf und glaubte, behaupten zu können, es sei bei dem gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft unmöglich, nach einer Theorie als bloßem Abklatsch der Erfahrung zu streben. Die Theorie gestattet die Hypothese, die Willkür, die Erweiterung der Erfahrung, nicht aber, wie dies der Mechanismus tut, durch Ersinnung einer Weltstruktur, welche die verschiedenen Seiten der Natur zu erklären vermag, sondern durch Konstruktion eines begrifflichen Systems, welches eine deduktive Darstellung dieser Seiten ermöglicht. Duhem verbleibt demnach durchaus in der bisher betrachteten Reformationsströmung. Die physikalische Theorie wird begrifflich, formal sein, sie wird aus abstrakten Formeln, quantitativen Symbolen, mathematischen Ausdrücken von Sinnesqualitäten bestehen.

Sie wird nicht in materieller und sinnlicher Weise Elemente darstellen, auf deren bloße Kombination sich diese Elemente zurückführen lassen.

8. Weicht aber Duhem nicht von der Ideenrichtung bei Rankine, Mach und Ostwald ab, wenn er von notwendigen Zusätzen zur Erfahrung, von willkürlichen Prinzipien, von Hypothesen spricht, vermittelst deren der Geist die Erfahrung zu organisieren und auch zu überschreiten sucht?

Schon bei Mach konnte es scheinen, als ob von den durch Rankine formulierten Prinzipien in dem Falle abgewichen wird, wo der Begriff der Denkökonomie eingeführt wird, aber diese Abweichung war nur eine scheinbare. Denn dieses Prinzip nahm von der Erfahrung nichts weg und fügte ihr auch nichts hinzu, wenn man es nur in seinem wahren Sinn deutet, wie er bei dessen Urheber unzweifelhaft zu finden ist.

Nicht anders verhält es sich mit Duhem. Und zwar nicht bloß, weil die Konsequenzen der Theorie mit den Ergebnissen der Erfahrung übereinstimmen müssen — sonst bliebe die ganze Entwicklung der Theorie willkürlich — sondern auch, weil die Entwicklung der ganzen Theorie von ihren Prinzipien angefangen bis zu ihren Konsequenzen, indem sie durch ihre ganze Gliederung geht, schließlich eine treue Darstellung der Erfahrung sein muß. Nach ihrer Vollendung wird die Theorie zu einer natürlichen Klassifikation der physikalischen Prozesse.

Duhem erblickt in der „physikalischen Theorie, welche alle experimentellen Gesetze mittels eines einzigen, logisch geordneten Systems darstellt, die ideale Theorie".[1]) Und er glaubt, mit diesem Satze die Meinung aller Physiker zu vertreten. „Ist man nun berechtigt, dieses Ideal als eine Utopie anzusehen? Die Geschichte der Physik hat diese Frage zu beantworten ... Die Verschiedenheit, welche sich in eine immer mehr zunehmende und vervollkommende Einheit auflöst — diese große Tatsache faßt die ganze Geschichte der physikalischen Theorie zusammen... Der Physiker findet in seinem Ich einen unüberwindlichen Drang nach einer physikalischen Theorie, welche alle Experimental-

[1]) Physique de croyant (Annales de philosophie chrétienne, November 1905, S. 138).



gesetze in einem vollkommen logisch-einheitlichen System darstellt. Will er nur Physiker sein, ist er ein unerbittlicher Positivist, der alles durch die den positiven Wissenschaften eigene Methode nicht Bestimmbare für unerkennbar hält, so wird er diese Tendenz feststellen, welche sein eigenes Forschen so mächtig reizt, nachdem sie für das Forschen aller Zeiten richtunggebend gewesen."[1])

Nicht bloß die Geschichte der Physik bringt Duhem zu dieser Folgerung, sondern auch die Erwägung, daß man „aus einer physikalischen Theorie sehr oft einen Satz ableiten kann, der zwar nicht ein beobachtetes, wohl aber ein beobachtbares Gesetz zum Ausdruck bringt" und der durch eine spätere Beobachtung verifiziert wird. Ist die Physik in logischer Hinsicht nur ein durch freie Entscheidung unseres Denkens geschaffenes System, so erwartet und diskontiert der Physiker vom konkreten Standpunkte der wissenschaftlichen Praxis das Vorauswissen der Theorie und deren objektiven Wert; er betrachtet die Übereinstimmung der Erfahrung mit den logischen Folgerungen aus dieser Theorie, die doch auf Willkür basiert, für eher wahrscheinlich als eine Diskrepanz zwischen beiden. Diese Übereinstimmung glaubt er um so mehr erwarten zu dürfen, je vollkommener die Theorie ist. Was bleibt da anderes zu sagen, als daß schließlich und auch schon früher in unvollkommener und verworrener Weise einerseits das Logische und Rationale, andererseits die Anschauung und Erfahrung einander notwendig einschließen, daß man zwar in abstrakter Analyse und strenger Logik mit Recht Theorie und Erfahrung scheiden kann, daß sie aber in der wissenschaftlichen Praxis, in der konkreten Forschung unteilbar und untrennbar sind. Und so sind wir wieder bei dem Standpunkt Machs und Rankines: eine Erfahrung, die der Potenz nach die rationale Theorie einschließt, eine rationale Theorie, welche die Erfahrung verwirklicht; eine parallele Entwicklung des Rationalen und Empirischen, eine wechselseitige Implikation, welche sogar der Kraft der logischen Analyse standhält. Die energetische Reform der Physik erscheint als durch

[1]) A. a. O. S. 138, 139, 140.
[2]) A. a. O. S. 141.

dieses Postulat oder vielmehr durch diese notwendige Feststellung beherrscht. „Alles drängt also den Physiker zu der Behauptung: In dem Maße, als die physikalische Theorie fortschreitet, wird sie einer natürlichen Klassifikation, ihrem Ideale und Ziel, immer ähnlicher.“[1])

IV. Ergebnisse.

1. Der Formalismus Duhems enthält, auch da, wo er den absoluten Empirismus für eine Utòpie ausgibt und wo er behauptet, daß die kleinste Beobachtung schon eine mehr oder weniger versteckte Berufung auf eine Reihe von Theorien einschließt, nichts, was mit dem fundamentalen Empirismus der physikalischen Reform im Widerspruche steht, als deren Erbe, der sein Erbgut zur Geltung bringt und es vermehrt, er erscheint. Die Physik Duhems bleibt durchaus empirisch begründet. Ebenso wie bei Mach und Rankine und bei allen Energetikern oder Vertretern der begrifflichen Physik stellt sie sich als „Experimentalismus“ dar. Dieser vielleicht etwas barbarische Ausdruck hat den Vorteil, auf die Tatsache hinzuweisen, daß die Physik nicht ein grober Empirismus, sondern eine rationale Verarbeitung der Erfahrung, ein logisches Experiment ist.

Diese Feststellung hat um so größere Bedeutung, als Duhem neben seinen Anschauungen über die Physik auch metaphysische Ideen hat, deren klare Auseinandersetzung er erstrebt. Während Rankine, Mach, Ostwald vor allem als wissenschaftliche Forscher auftreten, nicht als Philosophen,[2]) ist Duhem der Ansicht, daß die Wissenschaft nur ein partielles Wissen ist und daß neben der Phänomenologie, an die sie angrenzt, noch Platz für eine Metaphysik ist. Er betont den positivistischen Charakter der Physik, wie er ihn versteht, und gewährt einer Wissenschaftslehre Raum, welche in eine Metaphysik mündet. Neben der Erscheinung besteht das Noumenon, neben der von der Wissenschaft erkannten phänomenalen Welt besteht die absolute Realität, in welcher der Glaube sich ohne Hindernis entfalten

[1]) A. a. O. S. 143.

[2]) Mach tut dies ausdrücklich in Erwiderung auf einen Aufsatz unter dem Titel „Machs Philosophie“.

kann, da zwischen ihr und der Wissenschaft eine dichte Scheidewand besteht. Diese beiden Welten können miteinander übereinstimmen, aber sie können sich nicht miteinander vermengen, es kann die eine nicht auf das Gebiet der anderen übergreifen, noch weniger aber sich mit ihr identifizieren. Nach Duhems wohl bewußten Glauben ist die Welt der Wirklichkeiten nicht ein der Welt der Wissenschaft gegenüberstehendes Unerkennbares. Sie ist nur in anderer Weise erkennbar, anderen Methoden unterworfen, wenn auch diese Erkenntnisweise und diese Methoden von den wissenschaftlichen Ergebnissen, die sie nie ignorieren können, ausgehen und analog der Wissenschaft vorgehen müssen.

2. Er will übrigens den Sicherheitsgrad der Wissenschaft keineswegs herabsetzen. Die Gewißheit der Wissenschaft ist nicht etwa bloß Schein, sie ist aber nur partieller Art; die Wissenschaft gibt uns nicht alle Gewißheiten, für die unser Ich empfänglich ist, aber sie gibt uns Gewißheiten, welche denselben Grad haben wie irgendwelche andere Gewißheiten. Die von ihr angestrebte natürliche Klassifikation wird eine reale Klassifikation realer Objekte sein, freilich aber nur eine Klassifikation, nicht eine zureichende Erklärung. Der objektive Wert der Wissenschaft wird hier mit denselben Ausdrücken gewahrt wie bei Mach, Ostwald oder Rankine. Duhem ist in keiner Weise Agnostiker; er glaubt an die objektive Realität der Erfahrung, aber daneben auch an die Existenz anderer Wirklichkeiten.

Seine Ausdrucksweise ist wohl manchmal zweideutig.

„Ein Sklave der positivistischen Methode, gleicht der Physiker dem in der Höhle Eingeschlossenen. Die ihm zur Verfügung stehenden Erkenntnismittel lassen ihn nichts sehen als höchstens eine Reihenfolge von Schatten, die sich auf der ihm gegenüberliegenden Wand abzeichnen; aber er errät, daß diese Theorie der Silhouetten, deren Farben vor ihm auftauchen, nur das Bild einer Reihenfolge fester Gestalten ist, und er behauptet die Existenz dieser unsichtbaren Gestalten jenseits der für ihn unübersteigbaren Wand."

„So behauptet der Physiker, die Ordnung, in die er die mathematischen Symbole zwecks Aufbau der physikalischen Theorie bringt, sei ein immer klarer werdender Reflex einer

Seinsreihe, gemäß welcher die leblosen Dinge sich anordnen. Welches ist die Natur dieser Ordnung, deren Existenz er behauptet? Vermöge welcher Verwandtschaftsart nähern sich einander die Wesenheiten der Dinge, die er wahrnimmt? Auf diese Fragen darf er keine Antwort geben."[1])

Vertieft man sich aber in sein Denken und sucht nach dessen Einheit, so ist es zweifellos, daß er der Erfahrung eine unbestreitbare Objektivität zuerkennt. Die reine Erfahrung, welche sorgfältig von den theoretischen Zutaten befreit ist, welche sie im gegenwärtigen Zustande der wissenschaftlichen Erkenntnis verfälschen können, drängt sich dem Metaphysiker notwendig auf:

„Um zunächst jedem Mißverständnis vorzubeugen, bemerken wir folgendes. Die Frage: „Hat der Metaphysiker sich um die Behauptungen des Physikers zu bekümmern oder nicht?" besteht durchaus nur hinsichtlich der Theorie der Physik. Betreffs der Erfahrungstatsachen und der experimentellen Gesetze ist die Frage nicht aufgeworfen worden, denn hier kann die Antwort nicht zweifelhaft sein; es ist klar, daß die Naturphilosophie diese Tatsachen und Gesetze berücksichtigen muß."

„In der Tat haben die Sätze, welche diese Tatsachen zum Ausdruck bringen und diese formulieren, objektive Geltung. Daher können sie mit den Sätzen, welche ein kosmologisches System bilden, übereinstimmen oder nicht. Der Urheber dieses Systems hat kein Recht, diese Übereinstimmung, welche seine Anschauung in wertvoller Weise bestätigt, und diese Nichtübereinstimmung, welche seine Lehren endgültig verurteilt, unbeachtet zu lassen."[2])

3. Da die objektive Geltung der Experimentalwissenschaft feststeht, kann die Theorie, so lange sie nicht ihre definitive Form angenommen hat, nur einen methodologischen Wert haben. Sie beeinträchtigt nicht die Erfahrung und verringert nicht die Objektivität der Wissenschaft, denn sie ist ihr nicht vollständig und definitiv einverleibt, sondern verbindet sich mit ihr nur, um der erworbenen Erfahrung zu neuen Entdeckungen zu verhelfen, so daß sie ein Hebel für den Fortschritt ist.

---

[1]) Physique de croyant (Annales de philosophie chrétienne, November 1905, S. 134).

[2]) A. a. O. S. 143.

4. Auf rein wissenschaftlichem Gebiete sind also die Anschauungen Duhems durchaus objektivistisch. Es folgt daraus notwendig, daß seine neue Physik wie die Rankines, Machs oder Ostwalds eine Weiterentwicklung, eine Reform der älteren Physik, nicht aber eine katastrophale Umformung ist.

Seine Bestrebungen gehen, wie die seiner Vorgänger, dahin, aus der Physik eine autonome Wissenschaft zu machen, die sich um die Wissenschaft von der Bewegung nicht zu kümmern braucht. Vielmehr wird hier die rationelle Mechanik zu einem, und zwar dem einfachsten, Sonderfalle einer allgemeineren Mechanik, welche aus ihr folgt, wenn man die natürlichen Systeme gewissen Bedingungen unterwirft, welche die Ausdrücke vereinfachen und deren reale Bedeutung einschränken.

Parallel damit erscheint die Ortsveränderung als ein bloßer Spezialfall der Veränderung, des physischen Wechsels im qualitativ-Aristotelischen Sinne. Alle Bilder, welche der Wissenschaft der Bewegung, der rationellen Mechanik entnommen sind, werden dadurch überflüssig. Jede Art Verbildlichung, jede auf die Sinneswahrnehmung sich stützende Anschauung, von welcher die geometrische Vorstellung nur ein Spezialfall ist, fällt gleichfalls weg. Denn jede Verbildlichung ist notwendig partiell, gilt nur für eine bestimmte Wahrnehmungsart, für eine bestimmte Veränderungsform, eine spezifische Klasse von Vorgängen, für eine organoleptische Qualität, um mit Ostwald zu reden. Die Theorie bedarf daher begrifflicher Grundlagen, welche, losgelöst von den besonderen Erfordernissen der Sinneswahrnehmung — genauer, von jenen bestimmter Wahrnehmungen — zur Symbolisierung aller geeignet sind. Ist nicht der Begriff die gleichförmige, homogene Vorstellung aller Sinnesqualitäten, welche die von ihm umfaßten Objekte darbieten?

5. Wir dürfen aber nicht diese neue Physik als eine Rückkehr zur scholastischen Physik betrachten. Duhem selbst hat zu dieser Deutung durch seine Ausdrucksweise Anlaß gegeben, indem er dasjenige, was streng wissenschaftlich gedacht nnd der täglichen Praxis des Laboratoriums entnommen ist, nicht scharf von demjenigen scheidet, was metaphysische Tendenz, Philosophie der Wissenschaften ist. Vom philosophischen Standpunkte besteht in der Tat eine unbestreitbare Analogie zwischen

der Form der begrifflichen Physik, wie er sie auffaßt, und der Form der qualitativen Physik der Peripatetiker. In seinen letzten Arbeiten aber, in denen er auf einige äquivoke Ausdrücke zu sprechen kommt, hat er so deutlich, als man es nur wünschen kann, erklärt, daß hier nur eine, und zwar rein formale Analogie besteht, die noch dazu nur den Metaphysiker angeht, während für den Physiker nicht einmal das Problem existiert.

Die Bedeutung der von der neuen Physik angewandten Begriffe und Formen ist tatsächlich eine ganz andere als in der scholastischen Physik. Sie ist quantitativer Art und die physikalische Theorie knüpft, wie die ganze neue Reform, unmittelbar an die Anschauungen der Renaissance an, sofern sie vor allem ein Mathematismus ist.

Duhem betont zu häufig die Entwicklung der Physik, das Fehlen einer Revolution im Verlaufe ihrer ganzen Entwicklung, als daß man auch nur zweifeln könnte, daß er die Anschauungen der Renaissance als notwendig für die Entwicklung der Wissenschaft und als vollkommen wirksam betrachtet.

Die Wissenschaft hat nun die Welt der spezifischen Wesenheiten, der verborgenen Qualitäten für immer verlassen, indem sie das Wirkliche durch das Abstrakte erklärt. Kritisiert nicht Duhem den traditionellen Mechanismus deswegen, weil dieser zu sehr an der unfruchtbaren Tendenz festhält, die Abstraktionen zu hypostasieren, toten Allgemeinheiten zu verkörperlichen?

Die Vorgänge werden nicht mehr durch dichte Scheidewände in inkommensurable Arten geschieden. Das Spezifische, Qualitative der gemeinen Erkenntnis, durch die syllogistische Dialektik katalogisiert, darf uns nicht mehr daran hindern, die Beziehungen zwischen den Vorgängen (die Naturgesetze der modernen Wissenschaft) und deren fundamentale Gleichartigkeit zu gewahren. Höchstens ist zu verlangen, daß man in dieser Homologisierung der Natur nicht rascher vorgeht, als die wissenschaftliche Erfahrung und die durch sie festgestellten wahren Beziehungen es gestatten.

Für Aristoteles ist die Grundlage jeder philosophischen Untersuchung eine sehr feine und genaue Analyse der Begriffe, welche die Wahrnehmung in unserem Geiste hervorgerufen hat.

Bei jedem Begriffe ist dasjenige, was ihn wesentlich konstituiert, herauszuheben, und es sind alle fremden Ausschmückungen, durch welche ihn die Einbildungskraft abschwächt, streng abzusondern."

„Diese vorläufige logische Analyse, und nur sie, nähert die peripatetische und die neue Physik einander. Nach Durchführung dieser Analyse gehen beide Physiken auseinander und verfolgen auf verschiedenen Wegen verschiedene Ziele."

„Die peripatetische Physik ist ein Zweig der Metaphysik im neueren Sinne. Sie unterscheidet in jedem unserer physikalischen Begriffe die Elemente, aus denen er besteht, zu dem Zwecke, um das Wesen des Gegenstandes, auf den dieser Begriff sich bezieht, vollkommener zu erfassen; sie setzt hinter jedes der herausgehobenen Elemente eine Realität. Hat sie z. B. den Begriff der Verbindung zerlegt, so sucht sie zu begreifen, wie die Stoffe und Formen der Komponenten dem Stoffe und der Form der Verbindung Platz machen, welche Beziehung zwischen den Eigenschaften und Substanzen dieser Körper bestehen."

„Die moderne Physik ist keine Metaphysik; sie will nicht hinter die Wahrnehmungen zurückgehen, um das Wesen und Innensein der Wahrnehmungsobjekte zu erfassen. Ihr Ziel ist ein ganz anderes. Sie will mittelst Zeichen, die sie der Zahlenlehre entnimmt, eine symbolische Darstellung dessen geben, was unsere Sinne, unterstützt durch Instrumente, uns erkennen lassen. Diese Darstellung eignet sich, einmal durchgeführt, leichter, schneller und sicherer für die denkende Verarbeitung als die rein experimentellen Erkenntnisse, die sie vertritt. Vermöge dieses Kunstgriffes gewinnt die Physik einen Gehalt und eine Präzision, die sie ohne Annahme jener schematischen Form, welche man theoretische oder mathematische Physik nennt, nicht hätte erreichen können."

„Sie läßt sodann jedem der Elemente, welches sie durch logische Analyse in einem der untersuchten Begriffe auffindet, nicht bloß eine metaphysische Realität, sondern auch einen geometrischen oder algebraischen Ausdruck für das Symbol korrespondieren, welches sie diesem Begriffe substituiert."

„Dem Begriffe der Verbindung z. B. substituiert sie eine chemische Formel. Die Analogie zwischen zwei Verbindungen wird

durch eine Reihe von Gleichheiten zwischen den Indices, welche gewisse Buchstaben bestimmen, ausgedrückt, die Ableitung durch Substitution wird durch gewisse Striche dargestellt. Die Unregelmäßigkeit einer geometrischen Figur dient zur Bezeichnung eines rotationsfähigen Körpers."

„Es liegt auf der Hand, daß zwischen dieser symbolischen Darstellung der Erfahrung und einer metaphysischen Untersuchung der Gegenstände unserer Wahrnehmung keine Beziehung besteht. Die Theorien der modernen Physik sind von der peripatetischen Physik von Grund aus verschieden; die beiden Arten der Physik hängen nur durch die logische Analyse, welche ihren gemeinsamen Ausgangspunkt bildet, miteinander zusammen."[1])

So bleibt die Physik, trotz ihrer begrifflichen Form und ihrer Tendenz, das Wirkliche nicht der Qualitäten zu entkleiden, welche die Erfahrung nicht eliminiert hat, getreu den Kartesianischen und Leibnizschen Forderungen und durchaus im Gegensatze zur metaphysischen Reaktion der nachkantischen Philosophie, eine Abteilung der „allgemeinen Mathematik", wie die modernen Physiker es alle gefordert haben.

Sie ist eine Provinz im Reiche der Quantität und wird daher dem seit der Renaissance ununterbrochen gemachten Versuch, dieses Reich zu erweitern und dessen Grundgesetz anzuwenden, nicht entgegentreten. Gemäß diesem Gesetze sind die empirisch ermittelten Beziehungen festzustellen, es ist ferner eine Beschreibung des Universums zu geben, welche die Vorgänge harmonisiert und homogenisiert, zwar nicht durch deren Identifizierung, wohl aber durch Herstellung von Brücken zwischen ihnen, vermittelst welcher die einen sich aus den anderen ableiten und vorhersagen und wodurch sie als stetige Variationen voneinander sich betrachten lassen.

Nur eines wird sie fordern: die vorsichtige Anwendung dieser Norm, soweit die empirische Wirklichkeit sich ihr fügt. Mittelst des mathematischen (nicht des syllogistischen) Verfahrens vorgehen, sodann die Vorgänge als den Gesetzen der Quantität unterworfen betrachten, ferner sie nach Maßgabe der Erfahrung

---

[1]) Le Mixte et la combinaison chimique, S. 202, 205.

als gleichartig betrachten, endlich die Norm der Erfahrung mit Ausschluß jeder anderen annehmen — dies ist es, was bei Duhem die Reform der Physik zu einer Fortsetzung der traditionellen Physik macht. Vom traditionellen Mechanismus verwirft er nur dessen Ansprüche, die Erfahrung vorwegzunehmen, die Vorgänge im Rahmen der Mechanik anzugleichen und sich zu einer Metaphysik zu erheben.

Drittes Buch.

Kritik des Mechanismus.
Die kritische Stellungnahme.

1. Kapitel.
Vorbemerkungen.

1. Als „kritische Schule" kann man, ich wiederhole es, eine Richtung bezeichnen, deren Vertreter es sich zur Aufgabe gemacht haben, die Lücken und Sprünge in der mechanistischen Physik zu entdecken, deren Postulate zu untersuchen, deren Rechtstitel zu prüfen. Aber sie haben dem Mechanismus kein anderes System gegenübergestellt, sondern haben ihn weiter als einen wissenschaftlichen Typus betrachtet, der wohl entwicklungsfähig ist, aber seine Berechtigung hat. Sie haben bloß dessen Wert als Erkenntnisart kritisiert, so wie sie auch den Wert der Mathematik kritisiert haben, ohne daran zu denken, sie zu reformieren oder ihr etwas anderes zu substituieren.[1])

---

[1]) Die Stellungnahme Poincarés gegenüber dem Mechanismus tritt scharf in einigen Zeilen zutage, mit denen er seine Schrift „La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes" einleitet: „Die elektrischen Vorgänge durchaus mechanisch zu erklären, indem die physikalischen Gesetze auf die Grundprinzipien der Dynamik zurückgeführt werden, das ist ein Problem, das so manchen Forscher gereizt hat. Ist dies nicht aber eine ziemlich überflüssige Frage, an der wir unsere Kräfte umsonst vergeuden?

„Ließe sie nur eine einzige Antwort zu, so könnte der Besitz dieser Lösung, welche die Wahrheit bedeuten würde, nicht zu teuer erkauft werden. So steht die Sache aber nicht. Gewiß, man würde zur Erfindung eines Mechanismus gelangen, der eine mehr oder minder voll-



Sie haben gezeigt, daß die menschliche Erkenntnis, die menschliche Wissenschaft ihre Grenzen hat. Sie glauben, diese Grenzen seien dem menschlichen Geiste inhärent.

Ich werde mich hier besonders an Poincaré halten. Zunächst ist er in historischer Beziehung das Haupt der Schule. Er ist es namentlich, der dieser kritischen Bewegung die Rich-

---

kommene Nachahmung der elektrostatischen und elektrodynamischen Vorgänge ermöglicht. Aber es lassen sich daneben noch unzählige Mechanismen erdenken."

„Ferner scheint keiner von ihnen, bisher wenigstens, durch seine Einfachheit den Vorzug beanspruchen zu können. Es ist nicht recht zu ersehen, warum der eine besser als die anderen uns tiefer in das Innere der Natur eindringen lassen könnte. Es ergibt sich hieraus, daß alle mechanischen Nachbildungen, die man nur ersinnen kann, einen künstlichen Charakter haben, der aller Vernunft entgegen ist."

„Einen der vollständigsten Mechanismen hatte Maxwell entwickelt, zu einer Zeit, wo seine Anschauungen noch nicht ihre definitive Gestalt angenommen hatten. Die komplizierte Struktur, die er nur dem Äther zuschrieb, gab seinem System einen bizarren und abstoßenden Charakter; es sah aus, als ob die Beschreibung einer Fabrik gegeben wurde, mit Rädern und Treibstangen, welche die Bewegung übertragen und sich unter der Anstrengung biegen. Wie groß auch die Vorliebe der Engländer für diese Vorstellungsweise sein mag, so war doch Maxwell der erste, welcher diese abgeschmackte Theorie, die in seinen sämtlichen Werken nicht vorkommt, aufgab. Wir dürfen es jedoch nicht bedauern, daß sein Denken diesen Seitenweg verfolgt hat, denn es ist solchermaßen zu den größten Entdeckungen gelangt."

„Es scheint nichts besseres zu geben, als denselben Weg einzuschlagen. Ist es müssig, sich die Mechanik der elektrischen Phänomene in allen Einzelheiten vorzustellen, so ist es doch dafür sehr wichtig, zu zeigen, daß diese Phänomene den Grundgesetzen der Mechanik unterworfen sind."

„Diese Gesetze sind ja unabhängig von dem besonderen Mechanismus, auf den sie Anwendung finden. Sie müssen sich durch die ganze Fülle der Phänomene unverändert finden. Würden die elektrischen Prozesse sich ihnen entziehen, müßte man jeder Hoffnung auf eine mechanische Erklärung derselben entsagen. Sind sie ihnen unterworfen, dann steht die Möglichkeit einer solchen Erklärung fest, und es besteht nur noch die Schwierigkeit der Wahl unter allen Lösungen, welche das Problem zuläßt."

„Wie aber versichern wir uns, ohne den ganzen Apparat der mathematischen Analyse ins Treffen zu führen, der Konformität der Gesetze der Elektrostatik und Elektrodynamik mit den Prinzipien der Dynamik?"

„Vermittelst einer Reihe von Vergleichungen. Wollen wir ein elektri-

tung gegeben hat, auf ihn bezieht man sich besonders gern, seine Schlußfolgerungen oder Argumente werden beständig zitiert.[1])

Nicht die Arbeit eines Mannes, sondern die Entwicklung einer Anschauung will ich hier darzulegen suchen.

2. Die Kritik des traditionellen Mechanismus stellt sich in der kritischen Schule als die Konsequenz der Kritik der mathematischen Disziplinen dar. Der Mechanismus ist bei seinen Begründern, z. B. bei Descartes, ein Mathematismus. Er ist das Ergebnis der Bemühungen um eine universelle Mathematik. Zum rechten Verständnis dieser Kritik der physikalisch-chemischen Wissenschaften ist es also notwendig, in Kürze an die Ergebnisse zu erinnern, die Poincaré aus seiner Untersuchung der mathematischen Disziplinen gewonnen hat. Sie sind der logische Ausgangspunkt, sie waren im allgemeinen der historische Ausgangspunkt der Untersuchung der physikalisch-chemischen Disziplinen und der Kritik ihres Ursprungs und ihrer Tragweite.

3. Doch sind jene, welche ich um Poincaré gruppiere, weit davon entfernt, die physikalisch-chemischen Wissenschaften den mathematischen Disziplinen völlig zu assimilieren. Dies bildet einen der ersten Divergenzpunkte zwischen der kritischen und der begrifflichen Richtung. Letztere rückt die physikalisch-chemischen Wissenschaften ganz nahe an die mathematischen Disziplinen heran. Sie hat einfach eine Kritik der Mathematik geliefert, analog der von Poincaré an den physikalisch-chemischen Wissenschaften geübten; daraus hat sich ihre Auffassung der

---

sches Phänomen analysieren, so nehmen wir ein oder zwei gut bekannte mechanische Prozesse und suchen deren vollkommenen Parallelismus darzulegen. Dieser Parallelismus wird uns eine genügende Bürgschaft für die Möglichkeit einer mechanischen Erklärung gewähren."

„Die Anwendung der mathematischen Analyse würde nur dem Nachweis dienen, daß diese Vergleiche nicht bloß grobe Annäherungen sind, sondern bis in die feinsten Details sich durchführen lassen" (a. a. O. S. 7, 8).

[1]) Unter den Kritikern der neueren Physik stehen Poincaré trotz tiefgehender Divergenzen nahe: Bouasse (Introductions aux théories de la mécanique", Abhandlungen in der Revue générale des sciences, Revue de Métaphys. et de Morale usw.), Andrade, „L'école américaine épistémologique" und G. Milhaud (dessen Richtung mehr philosophisch als einzelwissenschaftlich ist und daher aus dem Rahmen unserer Arbeit heraustritt).

physikalisch-chemischen Disziplinen ergeben. Duhem will eine mathematische Physik im strengen Sinne des Wortes konstruieren, er treibt theoretische Physik more geometrico im absoluten Sinne des Wortes; hier gibt es keine entfernte Angleichung oder Analogie, nur Identität des Wesens. So auch, nur empirischer, Rankine, Mach, Ostwald. Hingegen hütet sich Poincaré wohl, zu sagen, daß die Mathematik ein anderes Verfahren befolge als die physikalisch-chemischen Wissenschaften. Die Physik denkt mathematisch, bedient sich mathematischer Kunstgriffe, aber nur unter gewissen, ihr eigenen und für sie charakteristischen Bedingungen, so daß sie etwas anderes tut. Sie ist nicht eine bloße Mathematik ihres Gegenstandes.

Welches ist die Differenz zwischen Physik und Mathematik? Sie besteht in der Rolle und der Form der Hypothese. Deren Analyse hat Poincaré unternommen (— eines seiner Hauptwerke heißt „Science et Hypothèse" —) und es ist für das volle Verständnis seiner Kritik der Physik erforderlich, die Ergebnisse dieser Analyse, soweit sie die Mathematik betrifft, zusammenzufassen.

4. In der Mathematik sind die Hypothesen „nur scheinbar Hypothesen, sie reduzieren sich auf Definitionen oder verkappte Konventionen". Die Mathematik wäre somit auf willkürliche Entscheidungen des Geistes beschränkt.

In der Mathematik ist die geistige Leistung weder eine Abstraktion, noch auch eine Rektifizierung, sondern eine Schöpfung,[1]) eine Erfindung seitens der freien Tätigkeit des Geistes. Dieser stellt ein System von Zeichen her, von Symbolen, die besonders geeignet sind, das Beziehungssystem darzustellen, welches wir Erfahrung nennen, und er stellt es ausschließlich mit seinem eigenen Mittel her.

Poincaré würde vor keiner der Konsequenzen dieser Theorie zurückscheuen. Es lassen sich ebenso viele Systeme und Zeichen ersinnen, als man zur Darstellung derselben Beziehungen nur wünschen kann. Derselbe Text kommt in unzähligen Sprachen zum Ausdruck. Nur fügt er hinzu, daß diese Systeme dasselbe bedeuten.

---

[1]) Science et hypothèse, S. 3 (auch deutsch erschienen).

Nur zu oft vergißt man diesen Punkt bei der Darstellung der Anschauungen dieser Schule. Er ist aber die notwendige Konsequenz aus ihren Prämissen und ihrem Standpunkt.

Alle Zeichensysteme sind gleichartig. Alle Arten der Mathematik geben dieselben Beziehungen wieder oder sind fähig zu ihrer Wiedergabe nach ihren spezifischen Modalitäten.

Es wird demnach ein Vokabularium geben, vermittels dessen man stets aus einer Sprache in die andere übersetzen und dieselben Beziehungen in allen erfindbaren Sprachen erklären kann. Mit anderen Worten: wir werden stets imstande sein, von einem Zeichensystem zum anderen überzugehen, welches immer das betreffende System sei, wenn nur dieses andere System ein wissenschaftlich mögliches ist. Solcherweise konnte Beltrami eine Art geometrisches Lexikon herstellen, welches die wechselseitigen Darstellungen derselben Beziehungen in der Sprache Euklids, Lowatschewskis, Riemanns u. a. gibt.

5. Was folgt hieraus? Es scheint hier weder Äquivokation noch Mehrdeutigkeit geben zu können. Ein einziger Ausweg eröffnet sich uns: die kritische Schule kann nicht eigentlich von der Objektivität der Mathematik sprechen. Unsere Mathematik ist nur eine von den unzähligen Mathematiken, die wir ebenso gut hätten wählen können. Es würde dem, was wir soeben dargetan haben, widersprochen, wollte man sie als in höherem Grade als Abklatsch der Wirklichkeit ansehen.[1]) Alle möglichen Mathematikarten sind es ebensosehr, und sie sind alle ebenso willkürlich,[2]) fern von aller Realität und Objektivität. Es gibt also keine Mathematik, die aus der Erfahrung abstrahiert und durch sie gegeben ist. Es gibt keine objektive Mathematik. Nachdem Poincaré die Arithmetik, die Geometrie und die Mechanik der Reihe nach betrachtet hat, schreibt er: „In der Mechanik würden wir zu analogen Folgerungen gelangen und würden finden, daß die Prinzipien dieser Wissenschaft, obwohl sie unmittelbar auf die Erfahrung fußen, auch an dem konventionellen Charakter der geometrischen Postulate partizipieren."[3])

---

[1]) Science et hypothèse, S. 66.
[2]) A. a. O. S. 91.
[3]) A. a. O. S. 25.

In verschiedenen Abhandlungen und in seiner Schrift „Science et hypothèse" ist er wiederholt auf die Idee zurückgekommen, daß in den mathematischen Disziplinen die Erfahrung keine Rolle spielt, ebensowenig im Schlußverfahren, durch welches sie generalisieren, oder betreffs des Gegenstandes (die mathematische Größe), auf die sie sich beziehen.[1])

Der Begriff der Zahl ist das Erzeugnis des Geistes; der geometrische Raum ist nicht einmal eine Form, ein apriorisches Gesetz unserer Sinnesfunktion. Der Wahrnehmungsraum optischer, taktiler, muskulärer Art ist von Natur aus vom geometrischen Raume wesentlich verschieden. Dieser entspringt aus einer Definition, aus einer Denkbestimmung.

Alle geometrischen Definitionen sind Konventionen. Die Axiome und Postulate sind verkappte Definitionen. Das rekurrierende Verfahren, die einzige Methode der mathematischen Anwendung, ist nur die Anerkennung einer Fähigkeit des Geistes, der weiß, daß er die unbegrenzte Wiederholung eines und desselben Aktes vorzunehmen vermag, sobald nur dieser Akt einmal möglich ist. „Der Geist hat ein unmittelbares Bewußtsein von dieser Fähigkeit, und die Erfahrung kann für ihn nur eine Gelegenheit sein, sich ihrer zu bedienen und dadurch sich ihrer bewußt zu werden." [2])

6. Freilich, man kann mehrfach bei Poincaré lesen, daß uns die Erfahrung von allen gleichwertigen Systemen, von denen oben die Rede war, dasjenige aufzeigt, welches das bequemste ist. Und wir können bemerken, daß er trotz allem an die Erfahrung appelliert und daß auf diesem Umwege die Geometrie, wenigstens teilweise, zu einer empirischen Wissenschaft wird. Niemand, kann man zu ihm sagen, behauptet, eine Erfahrungswissenschaft sei ein bloßer Abklatsch der Erfahrung. Heutzutage staunt jedermann an, daß in der empirischsten, konkretesten Wissenschaft die Wirklichkeit vereinfacht, daß man abstrahiert, rektifiziert, Durchschnitte nimmt, symbolisiert, da man verallgemeinert. In der Mathematik ist die Rolle des Symbolismus und der Abstraktion eine viel größere, das ist alles. Du selbst gestehst dies, wenn du von den Eingebungen der Erfahrungen sprichst,

[1]) A. a. O. S. 23, 24, 66, 90, 92. 109.
[2]) A. a. O. S. 24.



welche „in der Entwicklung der Geometrie eine unentbehrliche Rolle spielt“ [1]), welche uns „leitet“, um uns „erkennen“ zu lassen, welches die „bequemste“ Geometrie ist.[2])

Diese Einwände würden auf einem Mißverständnisse beruhen. In der Konstruktion der mathematischen Disziplinen spielt die Erfahrung keine Rolle, sie bauen sich vollkommen ohne ihre Hilfe auf. Der Verstand konstruiert mit seinen eigenen Mitteln den Inhalt der Mathematik. Er arbeitet Definitionen und Axiome aus, achtet bloß darauf, ob seine Konstruktionen Widersprüche enthalten oder nicht, niemals aber darauf, ob dieselben der Erfahrung gemäß sind oder nicht, selbst wenn die letztere berichtigt, abstrakt-schematisiert ist. Der Geist verfährt mittelst seiner logischen Operationen oder auf besondere Art, das rekurrierende Schließen, welches ebenfalls von aller Erfahrung unabhängig ist. Und der so verfahrende Geist vermag ebenso eine Geometrie, die nicht die bequemste ist, wie eine solche, welche die bequemste ist, zu konstruieren. Die Erfahrung tritt erst hinterdrein auf, um uns unter einer Vielheit von Mathematiken, welche der Geist mittelst gewisser Konventionen insgesamt auf die Erfahrung anwendbar machen könnte, jene zu wählen, welche sich am bequemsten anwenden läßt, welche die geringste Mühe erfordert: die Euklidische Geometrie.

Gewiß weist uns die Erfahrung implicite und instinktiv die Richtung zum Nützlichsten. An sich aber bleibt sie außerhalb aller mathematischen Konstruktion. Unmittelbar tritt sie weder ins Spiel, um den Gegenstand zu konstituieren und zu definieren, noch um das Denken zu erhärten. Beweis dafür (wenn es überhaupt eines Beweises für eine Behauptung bedarf, die Poincaré als evident betrachtet) ist die Tatsache, daß die Erfahrungen, welche unsere Wahl bestimmt haben, mit dem Gegenstande der mathematischen Disziplinen nichts gemein haben. „Diese Erfahrungen beziehen sich auf die Eigenschaften der festen Körper, auf die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes. Es sind mechanische und optische Erfahrungen, die man in keiner Weise als geometrische Erfahrungen ansehen kann.“ [3])

[1]) A. a. O. S. 90.
[2]) A. a. O. S. 91.
[3]) A. a. O. S. 164.

2. Kapitel.

Kritik der physikalischen Disziplinen.

1. Für Poincaré sind die Erfahrungswissenschaften von den mathematischen Disziplinen sehr verschieden. „Hier zeigt sich ein anderes Bild, wir begegnen einer anderen Art der Hypothese und sehen deren ganze Fruchtbarkeit.“ [1] Diese Art Hypothese ist keine verkappte Konvention mehr, kein willkürlicher Geistesentscheid, sondern ein Satz, der stets in mehr oder minder inniger Beziehung zur Erfahrung steht.

Diese notwendige Intervention der Erfahrung gibt den Hypothesen eine kompliziertere Gestalt und läßt Poincaré zwei Hauptklassen derselben unterscheiden: die Hypothesen, welche die Beobachtung der Tatsachen unmittelbar eingibt, und die Hypothesen, welche, ohne jemals empirisch verifiziert werden zu können, aber auch ohne in Gegensatz zur Erfahrung treten und uns so in die Irre führen zu können, uns nützlich sind, indem sie unser Denken fixieren. Die Natur der beiden vertiefen, heißt die Natur der Physik vertiefen.

Auf rein mathematischem Gebiete fand Poincaré unter den Divergenzen der Anwendung ein stets identisches Verfahren fundamentaler Art. Auf physikalischem Gebiete aber gibt es eben dadurch, daß zwei Arten von Hypothesen hier bestehen, zwei große Geistesoperationen, zwei Grundmethoden, welche eine Art wissenschaftlichen Dualismus zeitigen: rationelle und physikalische Mechanik, mathematische oder theoretische und experimentelle Physik.

Schon in der klassischen Mechanik unterschied man die Theorien von rein empirischen Teilen der Physik und die ratio-

[1] Science et hypothèse, S. 5.

nelle von der angewandten Mechanik. Nur bildete in der klassischen Mechanik diese Unterscheidung bloß eine graduelle, nicht eine wesentliche Differenz. Vermittelst desselben Verfahrens formuliert die Wissenschaft einige empirische Voraussagungen, Erfahrungstatsachen, empirische Gesetze und endlich allgemeine Theorien. Die Theorie ist das Endziel der experimentellen Arbeit, durch sie legitimiert und verifizierbar. Gewiß bedarf es hier etwas mehr Abstraktion und Generalisation, aber stets einer solchen, welche sich auf die Daten der Erfahrung gleicherweise erstreckt.

Die Originalität Poincarés, das neue Ergebnis, zu welchem seine Kritik führt, besteht darin, daß diese klassische Anschauung falsch ist, daß die Wissenschaft anders vorgeht und daß der Wert ihres Verfahrens bei der rein empirischen Feststellung und bei der theoretischen Konstruktion ein verschiedener ist. Wenn auch die Erfahrung eine Rolle, und zwar eine notwendige spielt, so spielt sie doch nicht dieselbe Rolle. Ihr gegenüber verhält sich der Geist in beiden Fällen anders.

Der Inhalt der Physik wird sich so in zwei Gruppen gliedern, deren jede durch die Art von Hypothesen charakterisiert ist, welche ihre Grundlage bilden, sowie durch die wesentliche Beschaffenheit des Denkens und dessen Ergebnisse.

Was ist eine Erfahrung? Und worin besteht die Experimentalphysik? Dies haben wir zunächst zu untersuchen, wenn wir die Anschauung Poincarés betreffs der Physik, die Art, wie er sich ihren Aufbau und ihre Struktur denkt, logisch verfolgen wollen.

2. Die physikalisch-chemischen Wissenschaften gehen, wie jeder zugibt, von Tatsachen aus. Aber man hat behauptet, daß die Tatsachen, welche diesen Wissenschaften zugrunde liegen, mit den Tatsachen der gemeinen Erfahrung, mit den Sinnesdaten nichts gemein haben. Man hat rohe und wissenschaftliche Tatsachen unterschieden und die ersteren aus der Wissenschaft verwiesen.

Diese These akzeptiert Poincaré keineswegs. Wohl ist er der allgemeinen Ansicht, daß die Tatsache, so wie sie aus den Beobachtungen und Experimenten sich ergibt, nicht dasjenige ist, was dem gesunden Menschenverstand, dem Sinne des aller wissenschaftlichen Bildung baren Menschen sich darstellt. Aber,

was der Forscher in einem Laboratorium sieht, gewahrt er an der Tatsache, welche allen sich darstellt, und sie, diese gemeine, rohe Tatsache, ist es, wodurch er erkennt. Alles, was er von ihr aussagen kann, ist die Übertragung der Eigenschaften und Beziehungen, welche in der Sinneserscheinung wirklich gegeben sind, in eine besondere Sprache.[1] Der Forscher konnte angesichts der rohen Tatsache weder anders wahrnehmen noch sprechen. Bestimmte rohe Tatsachen haben notwendig bestimmte wissenschaftliche Tatsachen, keine anderen, im Gefolge. Mit anderen Worten: alle Konstruktionen der Experimentalphysik sind ein Erzeugnis nicht von Denkakten, sondern der Verkettung der Naturprozesse. Hier gibt es weder eine ästhetische noch eine nützliche Schöpfung, sondern nur Unterordnung des Denkens unter eine äußere Naturordnung, unter etwas Objektives; wenigstens liegt hier die Bearbeitung eines gegebenen Stoffes vor, welche notwendig Ergebnisse zeitigt, die von diesem Stoffe abhängig sind.[2]

Die wissenschaftliche Tatsache ist, genauer bestimmt, nichts anderes als eine rohe Tatsache, die man der qualitativen Merkmale entkleidet, welche aus jener einen individuellen Eindruck machten. Abstraktion und Generalisation haben diese Tatsache verarbeitet, aber dadurch hat sich ihre Natur nicht geändert, denn die Tatsache, wie sie der gesunde Menschenverstand zum Ausdruck bringt, ist stets in einem gewissen Maße abstrakt und verallgemeinert.

Betrachtet man als Rohtatsache den individuellen Eindruck, die Sinnesempfindung als Ausgangspunkt aller Erfahrung und objektiven Erkenntnis, so ist man wohl genötigt, anzuerkennen, daß in dem Momente, wo man einen individuellen Eindruck sprachlich ausdrückt oder ihn einem andern mitteilt, wo man ihn mittelst dieses unmittelbaren und fast implicite in jeder Wahrnehmung enthaltenen Urteils feststellt, eine Abstraktions- und Verallgemeinerungsarbeit einsetzt, welche die wissenschaftliche Arbeit fortsetzt.[3]

Poincaré kann demnach sagen, daß zwischen den beiden

[1] Poincaré, Revue de Métaphysique, Mai 1902, S. 270, 271.
[2] A. a. O. S. 266.
[3] A. a. O. S. 268.

Anfangsmomenten der Entwicklung eines wissenschaftlichen Satzes, z. B. 1. „Es war finster“, und 2. „Die Sonnenfinsternis fand um 9 Uhr statt“ (Astronomie) keine Kluft, kein Sprung besteht, der eine Grenze zwischen roher und wissenschaftlicher Tatsache setzt. Vielmehr bezeichnen diese beiden Sätze die Fortsetzung derselben Verarbeitung eines individuellen Eindruckes, welcher, wenn man will, die rohe Tatsache ist. Das Gleiche gilt, wenn man den Übergang der zweiten Form dieses Satzes zu einer dritten: „Die Finsternis fand zu einer Stunde statt, die sich aus einer der auf Grund der Newtonschen Gesetze zusammengestellten Tabellen bestimmen läßt“, betrachtet.

Diese drei Formen bedeuten nicht bloß die Fortsetzung einer und derselben Verarbeitung eines individuellen Eindrucks, sondern unterscheiden sich von diesem Ausgangspunkt nur durch hinzugefügte Modifikationen, welche dessen inneres Wesen unberührt lassen. Wie der individuelle Eindruck sind die Aussagen 1, 2 und 3 Konstatierungen von Tatsachen oder, besser, sie sind eine und dieselbe Tatsache, auf dreierlei Weisen ausgedrückt. Und diese Darstellung enthält ein gutes Teil Konvention, wie alle jede Anwendung von Zeichen, wie jede Sprache, auch die natürliche. Sie klassifizieren die Tatsache unter eine Gruppe, und jede Klassifikation schließt etwas Künstliches und Willkürliches ein, da die wirklichen Tatsachen insgesamt individuell sind. Aber die durch diese Klassifikationen bedingten Konventionen beziehen sich nur auf die Sprache, in der man die Tatsache ausdrückt, auf den Modus der vorgenommenen Gruppierung; sie alle setzen außerhalb ihrer Geltung die Existenz eines Rohmaterials voraus, zu dem wir nichts zu ändern vermögen und das uns objektiv, notwendig von außen gegeben ist.[1])

3. Beweis dafür ist der Umstand, daß alle diese Sätze, welche dieselbe Tatsache gleichsam als übergeworfene Kleider decken, deren Falten stets von dem Körper abhängig sind, den sie nachbilden, wahr oder falsch sein können, ebenso wie die empirischen Voraussetzungen. Das wäre unbegreiflich, wenn diese Sätze konventionelle Aussagen wären, welche der Forscher frei und willkürlich erdenkt.[2]) Solche Konventionen können, wie das

[1]) Revue de Métaphys., Mai 1902, S. 269.
[2]) A. a. O. S. 268, 269.

Poincaré betreffs der rein mathematischen Hypothesen unwiderleglich gezeigt hat, weder wahr noch falsch sein. Wenn man von Wahrheit und Irrtum in der Mathematik spricht, so spricht man eigentlich von der Vereinbarkeit oder Unvereinbarkeit mit Konventionen, welche als Postulate oder vorläufige Definitionen aufgestellt sind. Die Beweisführung selbst hat nicht die Eignung, die Prädikate wahr oder falsch einem Satze zuzuschreiben.[1])

Was bedeuten denn diese Prädikate in der Physik wie auch ihrem persönlichen Sinne nach? Sie bedeuten Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung mit der Erfahrung, mit einem sinnlich Gegebenen, sie bedeuten soviel wie: objektiv real oder objektive Wirklichkeit, den rohen Tatsachen entsprechend oder nicht. Welches immer die angenommene Sprache und Konvention ist, in letzter Linie sind es unsere Sinne, welche die Wahrheit des Satzes, seine Übereinstimmnng oder Nichtübereinstimmung mit der Tatsache zeigen werden.[2])

Kehren wir nun zu unseren drei Sätzen zurück. Es ist finster. — Die Finsternis hat um 9 Uhr statt. — Die Finsternis hat um die aus den Newtonschen Tabellen entnommene Zeit statt. Alle drei Sätze sind durch die Tatsachen, durch die Sinneserfahrung und nur durch sie verifizierbar. Sie sind insgesamt trotz der Verschiedenheit ihres Verarbeitungsgrades Aussagen von Erfahrungstatsachen.

4. Der empirische, objektive und notwendige Charakter der physikalischen Sätze tritt noch deutlicher zutage, wenn wir bedenken, daß ihr Inhalt nicht bloß eine Konstatierung, sondern auch die Voraussicht dieser Tatsache ist. Wie kann man dann gegenüber dem konstanten Gelingen der Voraussicht an die willkürliche und konventionelle Schöpfung oder an die freie Deutung der wissenschaftlichen Tatsache glauben?

Wir gelangen so zu folgenden Schlüssen: „Die wissenschaftliche Tatsache ist nur die rohe Tatsache, übersetzt in eine bequeme Sprache.“[3]) „Was die Forscher an einer Tatsache erzeugt, ist nur die Sprache, in der er sie dartut.“[4])

---

[1]) A. a. O. S. 269.
[2]) A. a. O. S. 269, 270.
[3]) A. a. O. 272, 273.
[4]) A. a. O. S. 273.

5. Die rohe Tatsache ist demnach ein integrierender Bestandteil der wissenschaftlichen Tatsache, sie ist ihre Existenzbedingung.[1]) Die Experimentalphysik wird aus Tatsachen konstruiert. Ihren Inhalt bilden Tatsachen und nur Tatsachen. Und unter einer Tatsache sind, dem gesunden Menschenverstand gemäß, Sinnesdaten, Wahrnehmungsinhalte zu verstehen.

Es hätte keinen Sinn, wollte man zur Vermeidung dieser Folgerung sagen, der Forscher berichtige die Sinnesdaten mittelst einer Unzahl von Denkmitteln, welche von einem Inbegriff sehr komplizierter Konventionen abhängig sind. Diese Berichtigungen haben nur ein Ziel: die rohe Tatsache so rein als möglich aufzufinden, indem vermittels der Logik und Technik die Unzulänglichkeiten berichtigt werden, welche die Betätigung unserer Sinne und die von uns gebrauchte Sprache mit sich bringen. Weit entfernt, die objektive Tatsache zu entstellen, muß dasjenige, was der Forscher in seine Berichtigungsarbeit an Gedanken hineinlegt, ihm die Möglichkeit gewähren, jene Tatsache mit größter Präzision und Exaktheit zu erreichen.[2])

In der Experimentalphysik nimmt also alles seinen Ausgang von den Tatsachen und kehrt wieder zu ihnen zurück. Die Tätigkeit des Forschers kommt nur in einem Zwischengebiete zur Geltung: er sucht die Tatsachen vorauszusehen und diese Voraussicht in möglichst exakter Weise zu formulieren, und hier ersinnt er seine Hypothesen. Aber die Hypothesen dieser Art werden nicht frei und willkürlich erdacht. Ein Rohmaterial liegt vor, das den Forscher von vornherein beschränkt, und es gibt einen Stoff, der ihn namentlich am Ende beschränkt: seine Hypothese muß durch die Tatsache verifiziert werden, sie muß einer fruchtbaren Wahrheit Raum gewähren. Man kann sogar sagen, daß der Stoff, den er verarbeitet, seine Tätigkeit beständig leitet und beschränkt, auf dem ganzen Wege, den er verfolgt, vom Ausgangs- bis zum Endpunkte.

„Die Erfahrung ist die einzige Quelle der Wahrheit, nur sie kann uns etwas Neues kennen lehren, nur sie kann uns Gewißheit gewähren. Diese zwei Punkte kann niemand bestreiten."

---

[1]) A. a. O. S. 272, 273.
[2]) A. a. O. S. 272.

Und Poincaré bleibt, indem er sie so energisch betont, durchaus dem Geiste der traditionellen Wissenschaft treu.

„Wenn aber die Erfahrung alles ist, welcher Platz bleibt für die mathematische Physik übrig? Was hat die Experimentalphysik mit einem so unnütz und doch gefährlich erscheinenden Hilfsmittel zu machen?“ „Die mathematische Physik existiert gleichwohl, sie hat unleugbare[1]) Dienste geleistet, und dies ist ein Umstand, der zu erklären ist.“

6. Die Physik ist keine bloße Sammlung empirischer Gesetze. Sie ordnet und systematisiert diese Gesetze in sehr weiten Theorien, welche das Gebiet der mathematischen Physik konstituieren. Hier werden Hypothesen von ganz anderer Art verwertet, als jene, die wir betrachtet haben, und man entfernt sich noch mehr von den Erfahrungstatsachen. Es scheint nun, daß die Kritik Poincarés zu Ergebnissen gelangen muß, die mit den Resultaten seiner Prüfung der mathematischen Disziplinen nicht identisch, wohl aber ihnen analog sind. Schon der Name „mathematische Physik“ reizt dazu an.

Doch die Bestrebungen Poincarés gehen nach einer ganz entgegengesetzten Richtung. Es scheint ihm daran zu liegen, zu zeigen, daß die mathematische Physik mit der Experimentalphysik viel inniger zusammenhängt, als seine Kritik der Mathematik es erwarten läßt. Beim Übergange von der Mathematik zur Experimentalphysik haben wir ein neues Gebiet betreten, das Gebiet der Natur und der Tatsachen, auch dann, wenn wir zu jenen hohen Regionen der Abstraktion kommen, welche man mathematische Physik nennt.

Von den beiden Gliedern dieses Ausdrucks hat das erste wesentliche Bedeutung, während das zweite in keiner Weise eine Angleichung an die Mathematik anzeigt.

Bei diesem Mathematiker bleibt die Auffassung der physikalischen Theorien, ohne der traditionellen Anschauung absolut gleich zu sein, sehr nahe verwandt.

7. Die mathematische Physik ist eine notwendige Verlängerung der Experimentalphysik. Die methodologischen

[1]) Science et hypothèse, S. 167.

Modifikationen, welche sie in die Physik bringt, schliessen den empirischen Charakter derselben nicht aus.

a) Die mathematische Physik ist eine Verlängerung der Experimentalphysik.

Die Beschreibung der Erfahrung, die Konstatierungen, die sie ermöglicht, genügen nicht zur Begründung einer Wissenschaft. Man muß sich auch dieser Feststellungen bedienen können, diese Beschreibung muß verwertbar sein. Es muß systematisch geordnet also generalisiert werden.[1]) Dies ist die klassische Formel selbst. Hingegen behaupten die agnostischen Theorien der Wissenschaft, es gäbe keine wahre Generalisation, die physikalische Theorie sei willkürlich, alles Systematische sei konventionell, subjektiv und daher verschieden von dem, was man unter Generalisation versteht, welche ihrerseits stets eine Förderung der Erfahrung bedeutet.

7. b) Die mathematische Physik ist eine notwendige Erweiterung der Experimentalphysik.

Der experimentelle Teil der Physik ist schon auf den theoretischen Teil von Einfluß. Die verallgemeinernde Hypothese ist im Experiment implicite enthalten, da sie aus ihr hervorgehen muß. Das „gute" Experiment ist jene, welche sie vorbereitet, sie gewissermaßen unvermeidlich macht, sie notwendig entspringen läßt."[2])

Es gibt kein experimentum crucis, welches eine mathematische Theorie der Physik verifiziert,[3]) aber es gibt Experimente, welche die Verallgemeinerung in bestimmter Richtung unter einer Vielheit möglicher Richtungen bestimmt.[4]) Diese innige Verbindung von Experiment und mathematischer Verallgemeinerung zeigt sich auch noch von einer andern Seite. Bisher hat man die Experimentalphysik als Quelle der Praemissen zur theoretischen Hypothese betrachtet. Diese Auffassung war in gewissem

---

[1]) Science et hypothèse, S. 168.

[2]) Science et hypothèse, S. 168, 169.

[3]) Wieder ist Poincaré bemüht, das „gute" Experiment, welches zur passenden Theorie führt, zu unterscheiden. Übrigens anerkennt er das experimentum crucis zur Aufstellung der empirischen Gesetze (der verifizierbaren Hypothesen).

[4]) A. a. O. S. 170.

Maße eine künstliche. Die Erfahrung am Ausgangs- und am Endpunkte, die theoretische Kurve als Mittelglied, das gibt es nur in einer erkünstelten und schematischen Methodologie. In der Praxis geht die Verallgemeinerung oder vielmehr die verallgemeinernde Hypothese dem Experiment voraus; dadurch verifiziert dieses Experiment zugleich eine tatsächliche Beziehung und berechtigt so zu einer allgemeinen Theorie.[1])

Nachdem nun Poincaré die innige Verbindung der Experimental- mit der theoretischen Physik betrachtet hat, erklärt er sie, und das stimmt wieder vermöge der systematischen Einheit der Natur mit den mechanischen Tendenzen überein. Die Idee der systematischen Einheit der Natur ist die Grundlage des Mechanismus. Sie liegt nicht so ausgesprochen dem System Poincarés zugrunde, aber es bestehen hier neben unbestreitbaren Divergenzen offenbare Analogien. „Alle Verallgemeinerung", bemerkt er, setzt in gewissem Maße den Glauben an die Einheit und Einfachheit der Natur voraus". Betreffs dieser Einheit lassen sich Vorbehalte machen — darin weicht sein System vom traditionellen Mechanismus ab — aber „betreffs der Einheit besteht keinerlei Schwierigkeit. Verhielten sich die verschiedenen Teile des Universums nicht wie die Organe eines und desselben Körpers, so würden sie nicht einander wechselseitig beeinflussen, sondern einander fremd gegenüber stehen, und wir würden nur einen von ihnen kennen. Wir haben demnach nicht zu fragen, ob die Natur einheitlich ist, sondern wie sie eine Einheit bildet."[2])

Diese energische Betonung der Natureinheit, welche es gestattet, vermittelst einer allgemeinen Theorie eine unendliche Reihe von Einzelerfahrungen miteinander zu verknüpfen, bleibt die Krönung der physikalisch-chemischen Wissenschaften. Ist auch die einfache Einheit des traditionellen Mechanismus durch jede neue Entdeckung erschüttert worden, so muß man doch schließen: „Alles in allem haben wir uns der Einheit genähert. Es ging nicht so schnell, als man es vor fünfzig Jahren hoffte, man hat nicht immer den beabsichtigten Weg verfolgt, aber schließlich hat man viel Boden gewonnen."[3])

---

[1]) A. a. O. S. 171.
[2]) A. a. O. S. 173.
[3]) A. a. O. 212.

8. Wir wollen nun diese systematische Einheit der Natur ein wenig schärfer analysieren. Wir werden hier wieder zu Ergebnissen gelangen, welche in bemerkenswerter Weise dem traditionellen Geiste konform sind.

Die Differenz besteht in der Art, die Dinge auszudrücken, in dem Relativismus der Ausdrücke, aber der Kern der Theorie, die Grundzüge ihrer Struktur bleiben die gleichen.

Wie für den Mechanisten ist für Poincaré die Materie des Physikers von einer gewissen Gleichartigkeit. Es ist dies nicht die einfache, absolute Gleichartigkeit, welche die Mathematik ihrem Gegenstande zuschreibt, aber sie nähert sich ihr als gegen ihre natürliche Grenze ins Unendliche.

Diese Annäherung an die Gleichartigkeit erklärt die Möglichkeit für die Physik, die mathematische Form anzunehmen. Die physikalische Theorie stellt sich notwendig in mathematischer Form dar, nicht bloß, weil zahlenmäßige Gesetze auszudrücken sind, sondern auch, weil in jeder physikalischen Theorie das wahrnehmbare Phänomen der Superponierung einer großen Menge ganz gleicher Elementarphänomene entspringt. Die physikalische Theorie stellt anläßlich des wahrnehmbaren Phänomens einen Elementarvorgang auf, der die Bedingung und Erklärung des ersteren ist. Dieser Elementarvorgang stellt dasjenige dar, was sich in der Erfahrung in allen mit dem wahrnehmbaren Phänomen vergleichbaren jedem überall zeigt, sobald man die letzteren ihrer Kompliziertheit und Besonderung entkleidet hat. Er gehorcht einfachen Gesetzen. Indem man ihn gesetzmäßig mit sich selbst verknüpft, leitet man aus ihm die komplizierte Erfahrungstatsache ab. So läßt sich die letztere durch die Integration des Elementarvorgangs unter gesetzmäßigen Bedingungen erhalten und rekonstruieren. Der Elementarvorgang stellt sich demnach als differential dar. Die komplexe Erscheinung auffinden heißt, die Funktion auffinden. „So führen sich die Differentialgleichungen ganz natürlich ein."

Jede physikalische Theorie ist demnach ein Problem, daß sich in eine Gleichung bringen läßt."[1])

---

[1]) A. a. O. S. 186, 188.

2. Kapitel.

Kritik der physikalischen Wissenschaften (Fortsetzung). **Das Wesen der Prinzipien.**

1. Auf diese ganze Theorie der physikalischen Theorie und der mathematischen Physik hätte der klassische Mechanismus nichts zu erwidern. In dem Maße, als experimentiert wird, lösen sich, parallel mit der experimentellen Arbeit, Elementarvorgänge und deren einfache Gesetze ab. Es läßt sich dann eine allgemeine Theorie aufstellen, welche vermittelst der Elementarvorgänge und ihrer einfachen Gesetze die Erklärung aller komplexen Vorgänge einer Klasse, Art und Ordnung gestattet. Wenn man bei der Lehren Poincarés hier stehen bliebe, so käme man zu einer eigentümlichen Folgerung: dieser, als einer der angesehensten Kritiker der modernen Wissenschaft überall zitierte Mathematiker verbindet sich schlechthin mit dem Mechanismus, wie dieser vor den Modifikationen war, die er infolge der jüngsten Entwicklung der Mechanik und der physikalisch-chemischen Wissenschaften erfahren hat. Diese Folgerung wäre nicht durchaus falsch, wohl aber unvollständig. Poincaré sondert sich vom älteren Mechanismus ab, der nur noch ein historisches Interesse hat. Es ist dies keine Spaltung, sondern eine unter dem Drucke der Erfordernisse der modernen Wissenschaft entstandene Modifikation, welche die Entwicklung dieser Wissenschaft ihm als notwendig hinstellte.

Der traditionelle Mechanismus nahm an, daß die theoretischen Verallgemeinerungen nur Kopien der Erfahrung seien, angefangen von jenen, welche den Tatsachen zunächst stehen, bis zu den höchsten Abstraktionen, bis zu den Grundprinzipien. Er beansprucht, alle physikalischen Vorgänge aus den Prinzipien der rationellen Mechanik, wie sie von der Schule Lagranges

aufgestellt worden waren, abzuleiten. Endlich gab sich das Gebäude des traditionellen Mechanismus als definitiv, wenigstens in seinen Umrissen; er besaß absolute Geltung. Diese drei Punkte sind es, gegen die Poincaré seine Kritik richtet.

2. Die Fortschritte, welche der Mechanismus der Gegenwart selbst erzielt hat, verdankt er großenteils, wenigstens mittelbar, dem Einflusse dieser Kritik. Die modernen Mechanisten sehen den Mechanismus durch die Brille dieser Kritik. Sie fassen ihn nicht so auf, wie er ist, sondern assimilieren sich ihm und deuten ihn, indem sie ihn dadurch modifizieren, daß sie gewisse Konsequenzen aus ihm eliminieren und ihn nach einer mehr realistischen Richtung wenden. Im Grunde ist es eine Frage der Deutung, welche mehr an der Grenze der zwischen wissenschaftlicher und philosophischer Denkweise als in der der Einzelwissenschaft selbst liegt, in bezug auf welche Frage Poincaré von den rein mechanischen Physikern zu unterscheiden ist.

I. Kritik der Prinzipien.

(Die Abweichungen vom klassischen Mechanismus.)

3. Der traditionelle Mechanismus glaubt, man bleibe stets im Gebiete des beobachtbaren und verifizierbaren Geschehens. Er postuliert in der Natur eine reale Ordnung der Elementarvorgänge, welche mit der Ordnung seiner rationalen und theoretischen Konstruktionen identisch ist. Der moderne Mechanismus behält dieses Postulat nicht bei, aber er glaubt, daß die höchsten Abstraktionen, die „Prinzipien", Verallgemeinerungen von Gesetzen sind, welche die Erfahrung anläßlich besonders einfacher, bevorzugter Fälle offenbart. Sofern nicht Erfahrungen den Konsequenzen dieser Ausdehnung widersprechen, wird man die neuen Phänomene als komplexe Formen des bevorzugten Vorganges ansehen, sie werden denselben Prinzipien gehorchen.

So setzt die mechanistische Tendenz stets voraus, ein Prinzip sei gleichen Wesens wie ein Erfahrungsgesetz; es unterscheidet sich von letzterem nur graduell. Daher kann es durch die Erfahrung stets entkräftet oder verifiziert werden. Jede neue Erfahrung, durch die es nicht entkräftet wird, ist ein neuer Beweis für dessen Gültigkeit, objektive Wahrheit, Realität. In diesem

Punkte nun, der den einzigen gewichtigen Unterschied zwischen Poincaré und dem Mechanismus der Gegenwart begründet, ist die Deutung Poincarés eine ganz andere. Aber man mißverstehe uns nicht, nur die Deutung ist eine andere, denn was die Gültigkeit der Prinzipien und ihres Inhaltes betrifft, räumt er alles ein, was der extremste Mechanismus nur irgendwie fordern kann: die Unmöglichkeit, ohne die Prinzipien, auf welche der Mechanismus alle seine Konstruktionen gegründet hat, auszukommen, und die Unmöglichkeit, jemals deren Ungültigkeit zu entkräften, mögen die künftigen Erfahrungen welcher Art immer sein.

Für Poincaré ist also das durch die konstituierenden Prinzipien der theoretischen Physik gesetzte Problem ein zweifaches: Welches ist das Wesen dieser Prinzipien, welches ist deren Gültigkeit? Bezüglich des ersten Punktes wird die Lösung von der des Mechanismus abweichen, hinsichtlich des zweiten aber werden die praktischen Folgerungen auf dasselbe hinauslaufen: sie werden die Entwicklung der Physik in der Richtung, die sie seit der Renaissance eingeschlagen, fest begründen.

4. Poincaré kam, glaube ich, durch seine Kritik der Mathematik zu seinen Anschauungen betreffs der Grundprinzipien der theoretischen Physik. Man denke daran, daß nach ihm die Mathematik auf Entscheidungen, Konventionen des Geistes, keineswegs auf die Erfahrung sich gründet. Indem die Konventionen ihre ganze Fruchtbarkeit der schöpferischen Kraft des Geistes verdanken, konstituieren sie jene synthetischen Urteile a priori, welche es ermöglichen, daß die Mathematik keine analytische Tautologie, sondern eine des Fortschrittes und der Verallgemeinerung fähige Wissenschaft ist.

Nun ist die theoretische Physik eine mathematische Physik. Wollte man sich an das bisher Gesagte halten, so stände man vor einer unentwirrbaren Schwierigkeit. Einerseits ist die theoretische Physik eine Erweiterung der Erfahrung, anderseits entwickelt sich eine physikalische Theorie stets vermittelst des rein mathematischen, d. h. von der Erfahrung durchaus unabhängigen Verfahrens. Ist aber die theoretische Physik eine mathematische Physik, so muß sie sich auf eine Basis gründen, die mit jener der Mathematik wesentlich identisch ist. Dies ist denn auch der Fall. Die theoretische Physik wurzelt in der Erfahrung und ver-

dient daher den Namen „Physik"; sie gipfelt aber in „Prinzipien", welche durch ihre Natur und ihre Rolle an die mathematischen Begriffe erinnern, und so wird sie mit Recht als „mathematische" Physik bezeichnet.

5. Wir sehen, wie der Widerspruch sich hebt: indem wir die theoretischen Prinzipien vermöge ihrer logischen Beschaffenheit von den empirischen Gesetzen, selbst von den allgemeinsten, unterscheiden, indem wir das Prinzip von der Tatsache sondern, während das empirische Gesetz stets mit der Tatsache verbunden bleibt, deren bloße Voraussicht es formuliert, indem wir eine dritte Klasse von Hypothesen unterscheiden, die von den beiden anderen verschieden sind und doch an ihnen teilhaben, die Hypothesen, welche, wenn auch durch die Erfahrung eingegeben, durch das Denken so gestaltet werden, daß sie durch jene nicht mehr zu entkräften sind. „Es gibt keine scharfe Grenzlinie zwischen der rohen und der wissenschaftlichen Tatsache; man kann höchstens sagen, dieser Tatsachenbegriff ist roher, oder aber wissenschaftlicher als ein anderer,"[1]) erklärt Poincaré, indem er die Theorie präzisiert, welche dartut, daß die Gesetze allmählich aus den Erfahrungstatsachen entspringen, um die Mittel zu ihrer Voraussage zu gewähren. Wir können nun sagen: es besteht eine unüberschreitbare und sehr scharfe Grenze zwischen einem Prinzip und einem Gesetz, welches die Voraussicht der Tatsachen ermöglicht, zwischen der Hypothese der zweiten Art (der verifizierbaren Hypothese) und der Hypothese der dritten Art (der unverifizierbaren Hypothese).

Eine mathematische Physik wird also nur unter einer einzigen Bedingung möglich sein: daß das empirische Gesetz, so allgemein es gedacht wird, als Prinzip aufgestellt wird, und zwar durch eine neue Geistesarbeit, welche es definitiv macht, es aller gegenwärtigen oder künftigen empirischen Kontrolle entzieht, es einem mathematischen Begriff gleichmacht. Für Poincaré ist ein mathematischer Begriff eine mehr oder minder verkappte Definition, also ein Dekret des Geistes, eine Konvention, welches Umweges sie auch zu ihrer Anerkennung bedarf; einer

---

[1]) Sur la valeur objective de la Science (Revue de Métaphys. et de Moral, Mai 1902, S. 274).

logischen Notwendigkeit, Undenkbarkeit des Gegenteils, vollständigen Befriedigung der Vernunft, Evidenz usw. So wird auch das physikalische Prinzip eine Definition, eine durch die Vernunft zu deren Befriedigung aufgestellte Formel sein. Die Arbeit, welche das Gesetz, aus dem es entspringt, modifiziert, verwandelt jenes in eine Konvention oder in ein System von Konventionen, durch die es dem Zweifel entzogen wird, weil es nicht mehr etwas Verifizierbares oder Demonstrables, sondern ein Postulat des Denkens ist, kurz, dasjenige, als was die Vernunft es setzen will.

6. Geben wir acht. Unser Prinzip ist, an sich und vom logischen Standpunkt betrachtet, eine Konvention. Es ist identisch mit dem mathematischen Begriff. Untersuchen wir jedoch seinen Ursprung, seine Struktur, seine Geschichte — in diesem Punkte ist die Geschichte einer Wissenschaft untrennbar von dem rohen Verständnis dieser Wissenschaft — so müssen wir erkennen, daß die Erfahrung, die unvermeidlichen Bedingungen der Voraussagung die Forscher zu dessen Formulierung genötigt haben. Auf diesem Wege entspricht es der Erfahrung, welche es in ihrer vergangenen Gesamtheit zusammenfaßt, und dadurch verstehen wir, warum die Konsequenzen der Theorie mit der Erfahrung übereinstimmen. Anderseits übersteigt es, im transzendenten Sinne des Wortes, die Erfahrung, weil es die Form eines Willensentscheides angenommen hat, auf welchen die Erfahrung keinen Einfluß genommen hatte. Es ist eine vom Denken gesetzte Definition, betreffs welcher, wie betreffs der mathematischen Begriffe, es ebenso sinnlos wäre, zu fragen, ob sie durch die Erfahrung entkräftet oder erhärtet werden kann, als den Weichensteller zu fragen, ob das von ihm geschwungene Signal objektive Beziehungen zu dem von ihm angekündigten Zuge aufweist.

Solcherweise partizipiert die mathematische Physik zugleich an der Physik, d. h. an der Erfahrungswissenschaft und an der Mathematik, an der Realität und an der Konvention, an der Erfahrung und an der Logik. Und deshalb werden wir auch weiter unten, wenn wir die Gültigkeit der Prinzipien prüfen, sehen, daß sie ein zusammenhängendes, fruchtbares, nützliches System ist. Hier, wo wir uns an die Untersuchung ihres Wesens

halten, können wir den Schluß ziehen: Auf ihre Bildung hin betrachtet, entspringen die Prinzipien der Erfahrung; in bezug auf ihre Rolle aber überschreiten sie sie. Das Wesen der physikalischen Prinzipien hat große Ähnlichkeit mit dem der synthetischen Urteile a priori, welche nach Kant die Möglichkeit der Physik begründen. Leiteten nicht die transzendentalen Kategorien als Denkgesetze in immanenter Weise die heimliche Arbeit der Einbildungskraft?

7. Indem Poincaré den Ursprung der Prinzipien in allen Einzelheiten schildert, zeigt er auch, wie diese scheinbar entgegengesetzten Merkmale sich psychologisch miteinander vertragen, wie diese Doppelnatur zustande kommt. Die Auffindung eines Prinzips ist stets auf den gleichen wesentlichen und elementaren Prozeß zurückzuführen. Das empirische Gesetz stellt eine Beziehung zwischen zwei realen Vorgängen auf. Das Denken schiebt zwischen diese beiden realen Vorgänge ein von ihm definiertes, abstraktes Zwischenglied ein. Wir haben nun eine zweifache Beziehung zwischen jedem der einzelnen Vorgänge und diesem abstrakten Zwischenglied. Die eine dieser Beziehungen wird als Prinzip aufgestellt, die andere bleibt ein revidierbares Gesetz. Die erstere läßt sich als uneingeschränkt, als unbegrenzt möglich, sodann als unveränderlich, definitiv, aller Revision und Skepsis entgegen, betrachten, denn stets läßt sich die zweite so modifizieren, daß sie der ersten genügt und mit ihr zusammenhängt. Diese letzten Modifikationen wird uns die Erfahrung vorschreiben.[1])

„Das sozusagen kristallisierte Prinzip unterliegt nicht mehr der Kontrolle der Erfahrung. Es ist weder wahr noch falsch, sondern bequem.“ Es ist nicht objektiv, sondern praktisch.

Es bleibt noch ein ernster Einwand. Kann nicht diese betreffs sehr allgemeiner Gesetze unternommene Arbeit hinsichtlich aller Sätze der Experimentalphysik unternommen werden und kann man dann nicht die Physik in eine gänzlich vom Forscher geschaffene apriorische Wissenschaft umwandeln, welche in allem und jedem der physikalischen Theorie gleicht, wie Duhem und die streng antimechanistische Richtung sie auffassen?

---

[1]) A. a. O. S. 276.

Von vornherein steht einer solchen Deutung nichts im Wege. Gleichwohl erklärt Poincaré sie für unannehmbar und zwar aus zwei Gründen. Zunächst läßt die Umwandlung der empirischen Gesetze in Prinzipien die empirischen Gesetze als erste Folgen aus jenen bestehen.[1]) Zweitens findet diese Umwandlung da, wo sie möglich ist, nur dann statt, wenn sie bequem ist.

Der erste Punkt versteht sich beinahe von selbst. Ein empirisches Gesetz verwandelt sich in ein Prinzip nur, indem durch ein hinzugefügtes festes Mittelglied die Beziehung, welche es zum Ausdruck bringt, verdoppelt wird. Neben dem Prinzip bleibt also stets notwendig ein empirisches Gesetz bestehen. Das Prinzip hebt das empirische Gesetz nicht auf, es superponiert sich ihm bloß. Die theoretische Physik tritt nicht an die Stelle der Experimentalphysik, sondern kommt zu ihr hinzu, ergänzt sie und führt sie weiter. Poincaré denkt in allem, was er bisher ausgeführt, streng logisch, und wir finden in dem Punkte, um den es sich handelt, leicht seine früheren Folgerungen wieder.

8. Aber noch mehr, die Gestaltung einer empirischen Beziehung zu einem Prinzip, ist ein revisionsfähiges Gesetz, sie erfolgt nur, wenn sie bequem ist. Bei diesem Ausdruck „bequem" darf man nicht meinen, daß Poincaré der Willkür und Freiheit des Forschers viel überläßt. Wir müssen uns vor den mannigfachen Mißverständnissen hüten, welche sich aus den Ausdrücken ergeben, die Poincaré zur besseren Charakteristik seines Standpunkts anwendet. In der Sprache der Wissenschaft hat das Wort „bequem" einen ganz anderen Sinn als in der Alltagssprache. Es bedeutet nicht, daß die wissenschaftliche Arbeit ein leichtes und gewandtes Verfahren ist, welches aus individueller Annehmlichkeit gewählt wird. Es hat nichts mit der Bequemlichkeit des Forschers zu tun, während für den gesamten Menschenverstand ein Gegenstand nur für die Annehmlichkeit desjenigen, der das Wort gebraucht, bequem ist. Nein, „bequem" bedeutet hier Anpassung an das Objekt. Diese Anpassung stellt jene Seite des Objekts dar, von welcher aus es für alle am leichtesten zu erfassen ist, sie gewährt auch das

[1]) A. a. O. S. 276.

leichteste Mittel, auf das Objekt zu wirken, d. h. soviel Begreiflichkeit und Objektivität als möglich. Hier hängt also die Bequemlichkeit zugleich von der Natur des Objekts und von der des Subjekts ab, die beide von unserem Willen unabhängig sind. Sie trägt den Charakter der Allgemeinheit, welche alle gewollte Künstlichkeit verhindert. Notwendige Bedingungen beschränken die Wahl und schließen das, was wir uns als bequem denken können, in so enge Kreise ein, daß in der Theorie stets nur eine einzige Theorie den Sieg davonträgt und daß, sobald die besonderen Hypothesen den Platz geräumt haben, die Prinzipien, d. h. der Schlußstein der Theorie, mit hoher Wahrscheinlichkeit definitiv verbleiben.[1])

Der Begriff des „mehr oder minder Bequemen" hat also auf wissenschaftlichem Gebiete eine gewisse Notwendigkeit. Die Bequemlichkeit hängt von äußeren Bedingungen ab, die der Forscher weder vernachlässigen noch auswählen kann.

Die Erfahrung liefert diese einschränkenden Bedingungen, und zugleich die Grundtendenz unseres Geistes, die uns die einfachste, klarste Formel, durch welche die Erfahrung zum Ausdruck kommen kann vorschreibt.[2])

„Die Erfahrung läßt uns die zwischen den Körpern obwaltenden Beziehungen erkennen; dies ist die rohe Tatsache und diese Relationen sind sehr kompliziert. Anstatt die Beziehung des Körpers A zum Körper B unmittelbar zu betrachten, schieben wir zwischen ihnen ein Mittelglied ein, den Raum, und wir betrachten nun die verschiedenen Relationen: die Beziehung des Körpers A zur Raumform A', die Beziehung des Körpers B zur Raumform B', die Beziehung der beiden Gestalten A' und B' zueinander. Warum ist dieser Umweg von Vorteil? Deshalb, weil die Beziehung von A zu B kompliziert, aber wenig von der einfachen Beziehung des A' zu B' verschieden vor, so daß jene komplizierte Beziehung durch die einfache Relation zwischen A' und B' und durch zwei andere Relationen ersetzt werden kann, durch die wir erkennen, daß die Unterschiede zwischen A und A' einerseits, zwischen B und B'

---

[1]) A. a. O. S. 276.
[2]) Revue de Métaphysique, Mai 1902, S. 277.

andrerseits sehr gering sind. Sind z. B. A und B zwei feste Naturkörper, welche unter leichter Gestaltsveränderung ihren Platz wechseln, so werden wir zwei bewegliche unveränderliche Figuren A' und B' ins Auge fassen. Die Gesetze des Ortswechsels dieser Figuren A' und B' werden sehr einfacher Art sein, es sind die Gesetze der Geometrie. Und wir fügen hinzu, daß der Körper A, der von B stets sehr wenig unterschieden ist, sich unter dem Einfluß der Wärme ausdehnt und unter dem der Elektrizität zusammenzieht. Eben weil diese Ausdehnungen und Zusammenziehungen sehr klein sind, werden sie sich relativ leicht untersuchen lassen. Man denke, eine wie komplizierte Ausdrucksweise wir hätten gebrauchen müssen, hätten wir den Ortswechsel des festen Körpers, seine Ausdehnung und Zusammenziehung in Einem zusammenfassen wollen."

„Die Beziehung zwischen A und B war ein rohes Gesetz und ist zerlegt worden. Wir haben nun zwei Gesetze, welche Beziehungen von A zu A', von B zu B' ausdrücken, und ein Prinzip, welche die Beziehung zwischen A' und B' ausdrückt."

Erinnern wir uns nun der Tendenz, vermöge deren die Wissenschaft notwendig dazu kam, der Experimentalphysik eine theoretische Physik zu superponieren, denken wir daran, daß eine Theorie eine Verallgemeinerung der Erfahrung ist und daß es keine Wissenschaft ohne Generalisation gibt, so sehen wir, wie die mathematische Physik, durch die Aufstellung der Prinzipien oberhalb der empirischen Gesetze ermöglicht, zugleich als Abschluß der Generalisation der Erfahrung wie auch als eine Ausdehnung der Mathematik sich darstellt. Die Doppelwurzel ihrer Prinzipien verleiht ihr einen zweifachen Aspekt.

„Wir haben eine Beziehung zwischen zwei Körpern A und B, die wir durch eine Beziehung zwischen zwei Figuren A' und B' ersetzt haben, aber diese Relation zwischen den beiden Figuren A' und B' hätte ebenso vorteilhaft eine Beziehung zwischen zwei anderen Körpern A'' und B'' ersetzen können, die von A und B ganz verschieden sind. Hätte man nicht nach der Untersuchung der Beziehung zwischen A und B die Prinzipien der Geometrie erdacht, so mußte man die Untersuchung der Beziehung zwischen A'' und B'' ab ovo beginnen. Dies

macht die Geometrie so wertvoll. Eine geometrische Beziehung kann mit Vorteil eine Relation ersetzen, welche, im Rohzustande betrachtet, als optisch angesehen werden müßte. . ."[1])

II. Die Gültigkeit der Prinzipien.

(Herstellung des Einklangs mit der klassischen Lehre.)

9. Fassen wir das Gesagte zusammen, so ergibt sich, daß jedes Prinzip der physikalisch-chemischen Wissenschaften, die Mechanik einbegriffen, zwei verschiedene Seiten darbietet. Einerseits ist es mit empirisch begründeten Wahrheiten innig verknüpft und wird in hohem Maße verifiziert. Anderseits ist es ein auf das Ganze der Welt angewandtes Postulat und gilt als absolut war. Als ein solches Postulat ist es von einer Allgemeinheit und Sicherheit, welche den empirischen Wahrheiten, denen es entstammt, mangelt.

Es verdankt dieselbe dem Umstande, daß es „in letzter Linie auf eine bloße Konvention zurückführt. Wir sind berechtigt, sie zu machen, weil wir von vornherein überzeugt sind, daß ihr keine Erfahrung wird widersprechen können".[2]) Wir sind dessen eben durch die Art und Weise sicher, wie wir sie erdacht und gesetzt haben.

10. Als Konvention steht demnach ein Prinzip außerhalb der Erfahrung, es hat mit ihr nichts mehr zu tun und ist durch sie nicht revidierbar. Die Frage, ob ein Prinzip durch die Erfahrung verifiziert ist oder nicht, die Aufstellung der Hypothese, die Erfahrung könnte es eines Tages entkräften, könnte die Preisgebung des Prinzipes oder dessen Modifikation in der physikalischen Theorie bedingen, ist übertrieben. Das Prinzip als solches ist unerschütterlich.

Diese Folgerung pflegt man gewöhnlich mit Stillschweigen zu übergehen, wenn man die Autorität Poincarés in Dingen der Physik anruft, um den Wert oder die Geltung der wissenschaftlichen Theorien zu diskreditieren. Sie verdient aber, beleuchtet zu werden und ihren gebührenden Platz in der Gesamt-

---

[1]) A. a. O. S. 277, 278.
[2]) Science et hypothèse, S. 162 f.

auffassung der Physik wieder zu erhalten, in der sie ein Hauptmoment ist.

Ich weiß nicht recht, ob nicht die Theorie Poincarés betreffs der mathematischen Sätze und der Prinzipien der Mechanik und Physik durch die Tendenz, sie insgesamt den Angriffen der Erfahrung zu entziehen, ihre absolute Strenge, ihre Unwandelbarkeit in der wissenschaftlichen Konstruktion zu betonen, geleitet worden ist. So daß dieser Konventionalismus, den man in der Folge dazu mißbraucht hat, die Strenge der Wissenschaft zu diskreditieren und den Gedanken, ein wissenschaftlicher Satz könne definitiv sein, zu beseitigen, das eigentliche Ziel hätte, die Gewißheit und den definitiven, universellen Charakter der Wissenschaft sicherzustellen.

Was hat ein Beschluß des Geistes von der Erfahrung zu befürchten? Beide haben nichts miteinander gemein, daher muß jeder Grund zum Zweifel aus der Mathematik verbannt werden. In der Physik allerdings ist die Konvention nicht völlig konventionell, sie entspricht nicht unsrer Laune, sondern wir akzeptieren sie, weil gewisse Erfahrungen uns ihre Bequemlichkeit dargetan haben."[1]) Nichtsdestoweniger aber ist sie durch das Denken als Konvention gesetzt. Als solche, für welche die Erfahrungen, die sie uns eingaben, von geringer Bedeutung sind, ist sie ebenso unerschütterlich wie ein geometrisches Axiom, denn sie ist wie dieses unvergleichbar mit der Erfahrung. „So erklärt es sich, wie die Erfahrung die Prinzipien der Mechanik zeitigen mußte und warum sie dieselben doch nicht umstoßen kann."[2]) Es ist „ebenso unvernünftig, darnach zu forschen, ob sie wahr sind, als zu fragen, ob das metrische System wahr oder falsch ist."[3])

11. Die Prinzipien der Mechanik und der Physik haben also „einen außerordentlichen Wert, sie stellen die Quintessenz zahlloser Beobachtungen dar." Aber aus ihrer Gestalt als Prinzipien folgt, „daß sie nicht unverifizierbar sein können."[4])

Sie haben eine reale Beziehung, eine wahre Verwandtschaft

[1]) Science et hypothèse, S. 163; vgl. S. 157, 133, 134, 119, 127—29.
[2]) A. a. O. S. 163.
[3]) A. a. O. S. 163.
[4]) A. a. O. S. 195.

zwischen einer großen Reihe von Vorgängen zum Inhalt, sie ermöglichen die theoretische Ordnung und die Erklärung der Elemente dieses Komplexes auseinander; gleichwohl können sie durch keinerlei Erfahrung entkräftet werden. Sie sind von vornherein sicher, im strengen Sinne des Wortes verifiziert zu werden."[1])

Dieser Anschauung Poincarés hätte die klassische Physik nichts entgegenzustellen. Sie würde gewiß hinsichtlich der Natur der Prinzipien anderer Meinung sein, nicht aber betreffs deren Gültigkeit und Bedeutung.

Entfernt sich auch die Theorie Poincarés logisch durch einen unüberbrückbaren Abgrund von der antilogischen Deutung des Mechanismus, eignet sie sich auch zur Grundlage eines philosophischen Idealismus, so steht sie doch, wenigstens auf wissenschaftlichen Boden, mit der allgemeinen Entwicklung der klassischen Anschauungen im besten Einklang, sowie auch mit der Tendenz, die Physik als ein Wissen zu betrachten, das ebenso objektiv ist wie die Erfahrung, d. h. die Empfindungen, denen sie entspringt.

12. So mancher Leser der Schriften Poincarés wird hier vielleicht fragen: Welche Vorteile gewährt diese Verwandlung des empirischen Gesetzes in ein konventionelles Prinzip? Daß es an Begreiflichkeit, an Logik gewinnt, ist klar, daß es aber nicht an Objektivität und Festigkeit verliert, das ist nicht mehr verständlich. Scheint man hier nicht vielmehr die Kontingenz, die subjektive Wertung, die Veränderlichkeit, den Zweifel einzuführen?

Solcherlei Einwände würden, glaube ich, bekunden, daß man das, was Poincaré sagen wollte, nicht recht verstanden hat, und daß man die eigentliche Tragweite des physikalischen Prinzips nicht erfaßt. Nehmen wir ein empirisches Gesetz: die Erhaltung der Masse. Es ist in einer bestimmten Zahl von Einzelfällen verifiziert worden und wird vermöge passender Abstraktionen zu einem physikalischen Prinzip erhoben. Zu diesem Behufe konstruiert man den Begriff der Masse. Wir werden sagen, man kann, gleichgültig um welche Körper und Ge-

[1]) A. a. O. S. 196.

schwindigkeiten es sich handelt, sie in allem, was die Theorie ihrer Bewegungen anbelangt, durch ihre Masse ersetzen. Indem wir sagen, in jedem dieser Körper erhält sich dieses Element, formulieren wir ein konventionelles Prinzip. Aber wir stellen es deshalb auf, weil die Differenzen, welche die Berücksichtigung dieses Elements und des Gesetzes, dem es unterliegt, zwischen den Ergebnissen unserer Rechnung und der Erfahrung aufzeigen kann, bisher unterhalb jedes angebbaren Wertes bleiben.

13. a) Wir sind überzeugt, durch die Erfahrung nicht widerlegt werden zu können. Unser Geist, der die Phänomene isolieren und klassifizieren kann, wie er es für gut befindet, hat die Bedingungen der Anwendbarkeit so gestellt, daß sie notwendig zur Übereinstimmung zwischen dem Prinzip und der Erfahrung führen. Der einzige Zweifel, den eine Metaphysik erregen könnte, wäre der, ob es ähnliche Fälle gibt, welche die von unserer Abstraktion verlangte, übrigens sehr beschränkte Analogie aufweisen. Aber die Behauptung ist die einzige Behauptung der Wissenschaft und des Denkens. Erkennen heißt Anerkennen. Die Tatsache dringt es uns auf, und die Wissenschaft hat sich um dieses Bedenken nicht zu kümmern.

b) Es haben sich neue Tatsachen gezeigt, welche darzutun scheinen, daß in gewissen physikalischen Prozessen die Masse sich nicht erhält; sie ist eine Funktion der Bewegung und nimmt mit der Geschwindigkeit zu. Sind also das Prinzip der Erhaltung der Masse und das Trägheitsgesetz falsch? Muß also die rationelle Mechanik von Grund aus umgewandelt werden und sind alle Theorien, welche dieses Prinzips sich bedienen, insgesamt als irrige Lösungen zu betrachten? Nicht im geringsten. Die rationelle Mechanik bleibt wahr, ebenso die Gesamtheit der betreffenden Theorien und das Prinzip selbst. Statt das Prinzip der Erhaltung der Masse als universell anzusehen, wird sich die Wissenschaft damit begnügen, es als partiell gültig zu betrachten.

Sie wird bestimmen, daß es innerhalb gewisser Grenzen gültig ist und diese Grenzen bestimmen genau den bisher bekannten Umkreis der Phänomene, auf die es tatsächlich Anwendung fand. Jenseits dieser Grenzen müssen neue Definitionen herangezogen werden. Stets kann unser Geist es so einrichten, daß sie mit der Anwendbarkeit des Prinzips der Erhaltung der

Masse innerhalb der erwähnten Grenzen vereinbar sind. So wird man z. B. für die Werte der Parameter, welche durch diese Grenzen bestimmt sind, eine mathematische Funktion mit einer festen Variablen wählen.

Wollte man mit aller Gewalt das Prinzip der Erhaltung der Masse und das darin beschlossene System von Konventionen aufrechterhalten, so wäre dies auch möglich. Man würde nur neue, ergänzende Konventionen und sehr komplizierte Konstruktionen ersinnen, welche mit den Ergebnissen der Erfahrung zusammenfallen würden. Ohne Zweifel wird man es aber vorziehen, das Prinzip innerhalb der Anwendbarkeitsgrenzen zu belassen, welche durch die Bedingungen, um derentwillen es ersonnen war, bestimmt sind; und da, wo sonst die Kunstgriffe und Komplikationen vervielfacht werden müßten, wird man eine neue Definition bilden, welche die Erfahrung vereinfacht und unmittelbarer konstruiert. Man wird das traditionelle System durch ein neues Prinzip ergänzen, sofern wenigstens uns neue Erfahrungen es nicht gestatten, die Allgemeinheit des Prinzips ohne jene Komplikation aufrechtzuerhalten, oder auch uns zwingen, es trotz der Komplikationen zu behalten, um die Erfahrung in adäquater Weise darzustellen.

In Summa wird man zuvörderst beachten, daß ein Teil der Erfahrung — der einen Augenblick lang die ganze Erfahrung bildete — für die Vernunft mittelst der alten Konventionen, welche aus dieser Erfahrung abstrahiert, durch sie eingegeben, mit ihr und für sie gebildet worden sind, sehr gut ausgedrückt und systematisiert ist. Sodann wird man finden, daß ein anderer Teil der Erfahrung — der bislang vernachlässigt worden war — für die Vernunft mittelst neuer, aus dieser neuen Erfahrung abstrahierter, durch sie eingegebener, mit ihr und für sie gebildeter Konventionen sehr gut ausgedrückt und systematisiert wird.

Nichts hat dann das ursprüngliche Prinzip entkräftet. Nur gibt es jetzt Tatsachen, welche seiner Anwendung eine Grenze setzen, weil sie der direkten Beobachtung nicht mehr die Elemente und Bedingungen darbieten, welche die ursprünglichen Tatsachen zu isolieren und abstrahieren gestatteten.

Das physikalische Prinzip wird stets verifiziert werden, aber in den Grenzen, in denen die Verifizierung nützlich und möglich

ist, was auf dasselbe hinausläuft; denn in dieser Wissenschaftstheorie verschmilzt die Nützlichkeit mit der Möglichkeit der Verifizierung, mit der Anpassung an das Wirkliche.

Die ständige Verifizierung des Prinzips bedeutet also nicht die Grenzenlosigkeit in der Anwendung des Prinzips und ebensowenig dies, daß die Physik, wie sie sich uns heute darstellt, die definitive, unabänderliche Physik ist; ihre Grundlagen sind zwar unerschütterlich, nichts aber weist darauf hin, daß das künftige Gebäude sich völlig auf ihnen erheben werde. Vielmehr ist anzunehmen, daß der Bau nicht ständig wird in die Höhe getürmt werden können, seine Fläche wird erweitert werden, Seitenflügel werden hinzukommen und die bestehenden Fundamente werden durch neue vergrößert werden müssen.

14. Diejenigen, welche Poincaré zu dem Zwecke zitieren, um einen wissenschaftlichen Skeptizismus zu rechtfertigen, den sie als logisch unvermeidlich hinstellen, werden zweifellos der hier gegebenen Deutung seiner Lehre die zahlreichen Bemerkungen Poincarés betreffs der Wandelbarkeit der bisher aufgestellten und der noch aufzustellenden Hypothesen entgegensetzen.

Aber schließt Vergänglichkeit und Vielheit der Hypothesen aus, daß in allen aufgestellten und noch aufzustellenden Hypothesen gemeinsame Elemente stecken, welche aller späteren Revision standhalten? Poincaré verneint dies energisch, und mit ihm die ganze Geschichte der Wissenschaften.

Die Hypothesen, deren Vergänglichkeit er behauptet hat, sind stets mehr oder wenige individuelle, zeitweilige Deutungen der empirischen Relationen oder der Prinzipien, welche die mathematische Theorie begründen; es sind dies die bildlichen Mechanismen, die mechanischen Modelle, die konkreten Vorstellungen (Wirbel, Atome, Fluida, Gruppierungen materieller Mechanismen), an deren Realität die klassische Physik nur zu gern glaubte.

Dieselben Relationen und Prinzipien aber bilden stets das Knochengerüst aller dieser konkreten Vorstellungen. Sie widerstehen dem Zahne der Zeit und den Angriffen der Kritik. Wohl vervollständigen sie sich bei jeder neuen Entdeckung, auch werden sie komplizierter, je mehr das Studium der Natur sich ver-

tieft und je genauer man die Komplikation des Wirklichen zu erfassen sucht; aber, indem sie sich vervollständigen und komplizieren, bleiben die schon konstruierten Partien, sofern sich nicht infolge einer unzulänglichen Analyse grobe Irrtümer eingeschlichen haben (wie etwa in die Stoßgesetze Descartes), unerschüttert und unerschütterlich.[1])

Die vergänglichen Hypothesen sind Bilder, mit denen wir die physischen Relationen umhüllen. Diese Relationen aber sind ebenso real wie die unmittelbaren Wahrnehmungen der Erscheinungen, weil sie nach allem auf sie zurückführen. Sie sind dasjenige, was von diesen Wahrnehmungen zurückbleibt, nachdem man sie ihrer individuellen Nuancen, ihres Illusorischen und Zufälligen, ihres Subjektiven entkleidet hat. Die vergänglichen Hypothesen, sagt Poincaré, sind Bilder, „welche wahre Beziehungen zum Ausdruck bringen“ und mit denen wir die Realität „bekleiden“.

Nichts ist demnach weniger subjektiv, individuell und vergänglich als die theoretische Physik, wenn sie ihrem Kern und Gerüst nach betrachtet wird. Sie ist vielmehr permanent und stabil. Sie stellt durch ihre Gleichungen Beziehungen dar, und diese letzteren bleiben die ganze Entwicklung der Physik hindurch identisch, weil die von ihr dargestellten Beziehungen real sind. Ja, sie sind sogar die einzige Realität, die wir wahrhaft zu erreichen vermögen.[2]) Sie stellen also nicht im geringsten bloße „praktische Mittel“ dar, auf welche sie ein oberflächlicher Skeptizismus zurückführen möchte. Ein praktisches Mittel sind nur die Bilder, die wir an die Stelle der realen Objekte setzen müssen, um den Gedanken der Beziehungen, die wir zwischen ihnen konstatieren, zu stützen. Diese Bilder sind nur indifferente Metaphern, welche in der Theorie die Rolle der Dekorationen in einem Theaterstück spielen. Sie haben die Aufgabe, die Entwicklung des Stückes, welches uns die Geschichte der Naturvorgänge darstellt, leichter erfaßbar zu machen. Wenn nur die Beziehungen, welche zwischen diesen Bildern hergestellt werden, mit den zwischen den realen Objekten bestehenden Beziehungen

[1]) Science et hypothèse, S. 189, 190.
[2]) A, a. O. S. 190.

identisch sind und diese Beziehungen uns bekannt sind, was macht es dann aus, wenn wir es bequem finden, ein Bild durch ein anderes zu ersetzen?

15. Betreffs der Klassifikation der in der Wissenschaft angewendeten Hypothesen ist also eine neue Unterscheidung zu machen und den drei ersten Arten jener die vierte hinzuzufügen: die indifferenten Hypothesen, welche sich an die unverifizierbaren Hypothesen angliedern und eine sekundäre Begleiterscheinung dieser sind. Wenn sie die empirischen Relationen einerseits, die der Mathematik anderseits berücksichtigen, so stellen sie gleichsam eine Brücke zwischen den einen und den anderen her, indem sie den abstrakten Konventionen der Theorie eine handliche Gestalt geben und sie leichter begreiflich machen. Neben den konventionellen Hypothesen der Mathematik, neben den empirischen Hypothesen, den rohen Verallgemeinerungen, welche durch die Tatsachen erhärtet oder entkräftet werden müssen und die stets fruchtbar sind, neben den theoretischen Hypothesen, welche den Kern der mathematischen Physik bilden, ihr ihre Prinzipien liefern und niemals falsch sein können, gibt es endlich die Hypothesen, welche weder wahr noch falsch, dabei aber nützlich, ja unentbehrlich sind, welche sogar, bemerkt Poincaré, zugleich alle wahr sind, da sie wahre Beziehungen darstellen.[1])

Poincaré räumt diesen Bildern, diesen indifferenten Metaphern, eine Stelle ein, welche man ihnen in den modernen philosophischen Auffassungen der Wissenschaft nicht zu geben pflegt. Er sagt ausdrücklich, wir „seien genötigt", sie in den Theorien der Physik zu gebrauchen; bezüglich ihrer besonderen Form sind sie indifferent, hinsichtlich ihrer allgemeinen Rolle aber notwendig. Wir können sie modifizieren, ändern, aber nicht unterdrücken. Welche immer es sind, wir bedürfen ihrer.[2])

Bei einer bestimmten Divergenz in der Deutung finden wir hier die tatsächliche Beibehaltung eines Merkmals der klassischen Mechanik. Der Mechanismus beschränkt sich nicht darauf, die Möglichkeit einer mechanischen Erklärung darzutun und

[1]) A. a. O. S. 191, 192, 193.

[2]) Ibid. Vgl. besonders die Wendung: die Bilder, die wir an deren (sc. der wahren Relationen) Stelle setzen müssen.

deren mathematische Struktur zu entwerfen, er sucht sich auch diesen formalen Mathematismus zu veranschaulichen — ein Grundzug, vielleicht der wichtigste, der ihn von der sezessionistischen Schule unterscheidet. Nur ist diese Anschauung, dieses mechanische Modell nicht definitiv; sie ist eine Hypothese und der wissenschaftliche Fortschritt besteht in der Verbesserung und Vervollständigung dieser Hypothese durch deren Umbildung. Die Anschauung, sofern sie nur eine mögliche Gestalt der Theorie unter Tausenden ist, ist nur eine zufällige Form dieser Theorie. Insoweit aber die Theorie sich nicht ohne eine solche Anschauung entwickelt, bildet diese letztere einen integrierenden und notwendigen Teil jener. Mit anderen Worten: ist auch eine bestimmte bildliche Hypothese keineswegs notwendig und definitiv, ist sie auch nur eine für den Fortschritt der Wissenschaft momentan nützliche Voraussetzung, so bedarf doch der Mechanist stets einer solchen bildlichen Hypothese, da die Relation, welche der mathematische Symbolismus verhüllt, eine reale Beziehung ist; man hat das Recht und die Pflicht, sie in einer realen Form sich vorzustellen zu suchen, sich mählich der Realität zu nähern, ohne sie vielleicht je erreichen zu können.

So verstanden, ist die bei Poincaré vorkommende Wendung: „wir sind zu ihrer Anwendung genötigt," durchaus der Tradition, dem Sinne und Geiste des traditionellen Mechanismus gemäß. Von ihm weicht er durch die Relativität ab, zu welchen er diese anschaulichen Theorien für immer verdammt, und hierin trennt er sich zwar scharf vom ontologischen Mechanismus, viel weniger aber, wie wir sehen werden, von der gegenwärtigen Entwicklung des Mechanismus.

III. Die Relativität der Physik.

16. Poincaré bekämpft also den Mechanismus in der Gestalt, welche er in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts annahm, indem er die Relativität der Wissenschaft betont. Diese Relativität erschließt er nicht vermittelst philosophischer Argumente und einer apriorischen Dialektik, sondern durch Berufung auf die Tatsachen, die ihm der Inhalt der gegenwärtigen Wissenschaft liefert, also auf positive Gründe. Er ist ein Gegner der

Umwandlung der Theorien der physikalisch-chemischen Wissenschaften in eine Erkenntnis des Absoluten durch eine unbewußte Metaphysik.

Darin stimmt er mit der Entwicklung überein, welche in unserer Zeit dem Mechanismus selbst seine theoretische Gestalt verliehen und seine Entfernung von den groben Verkörperungen verursacht hat. Mit dem gegenwärtigen Mechanismus steht er also in höherem Maße in Einklang, als daß er von ihm abweicht, und zwar in allen wichtigen Punkten, namentlich betreffs des objektiven Wertes der Wissenschaft, ihrer Einheit, der Festigkeit ihrer Prinzipien, endlich des unentbehrlichen Nutzens zwar nicht einer bestimmten Verbildlichung, wohl aber einer sinnlichen Anschauung überhaupt, um die theoretischen Relationen faßlich und handlich zu gestalten.

Allerdings stellt Poincaré neben den drei Prinzipien des klassischen Mechanismus (Trägheit, Wirkung und Gegenwirkung, Unabhängigkeit der Bewegungen), die Prinzipien der Erhaltung der Energie, den Carnotschen Satz und das Prinzip der kleinsten Wirkung, welche, ihm zufolge, die Energetik charakterisieren, auf dieselbe Rangstufe. Es sind autonome Prinzipien; deren Anwendung den physikalisch-chemischen Wissenschaften folgende Dienste leistet: 1. Sie machen die atomistische Hypothese entbehrlich. Ich erwähne diesen Vorteil nur beiläufig, denn die atomistische Hypothese ist eine indifferente Hypothese, eines der Gewänder, vielleicht das gebräuchlichste sogar, mit dem die mechanische Theorie der Erscheinungen umhüllt hat; aber diese Theorie selbst ist davon vollständig unabhängig. 2. Ferner wird, und dies ist schon beachtenswerter, die Theorie weniger unvollständig, „d. h. das Prinzip der Erhaltung der Energie und das Hamiltonsche Prinzip lehren uns mehr als die Grundprinzipien der klassischen Theorie und schließen gewisse Bewegungen aus, welche in der Natur nicht vorkommen und die dennoch mit der klassischen Theorie vereinbar wären". Mit anderen Worten: der traditionelle Mechanismus ist zu weit und daher zu vag. Die neuen Prinzipien, Ergebnisse der neuen Entdeckungen, aufgenötigt durch die Erfahrung — welche aber die alten Prinzipien nicht entkräftet hat (wir erinnern uns, daß sie an sich nicht falsch sein können — sind auf gewissen Gebieten fruchtbar und

notwendig, wo die anderen steril, zur Verknüpfung neuer Relationen zwischen neuen Fällen ungeeignet wären.

Wir finden hier unschwer das Ergebnis der vorangegangenen Kritik der Gültigkeit der Prinzipien wieder. Ebenso sehen wir, daß die ersten Aufstellungen nicht entkräftet sind, daß der Mechanismus vervollständigt, nicht umgestürzt ist.

Gewährt so die energetische Theorie nach Poincaré gegenüber dem klassischen Mechanismus gewisse Vorteile, muß sie sich ihm folglich überordnen, so gilt sie doch nicht als wesentlich verschiedene Theorie, welche das Geschick der Physik zu ändern bestimmt ist; sie ist nicht die Vollkommenheit, die auf das Chaos folgt. Sie ist ein Fortschritt, eine Vervollständigung, weiter nichts. Beweis dafür ist der Umstand, daß Poincaré eine Kritik an ihr ausübt, welche derjenigen durchaus gleicht, der er die klassische Mechanik unterworfen hat;[1]) er gelangt auch zu den gleichen Ergebnissen.

Die neuen Prinzipien sind gleicher Art wie die Newtonschen Prinzipien. Das Prinzip der kleinsten Wirkung, mit welchem Poincaré die Energetik eng verknüpft, scheint nicht von unbegrenzter Ausdehnung zu sein, denn betreffs der nicht umkehrbaren Vorgänge befriedigt es keineswegs. Im Namen des Mechanismus, um alle Spuren von Finalismus und der qualitativen Theorie zu verwischen, findet Poincaré, daß der Inhalt des Prinzips der kleinsten Wirkung für den Geist etwas Anstößiges hat.[2])

„Der Inhalt des Prinzips der kleinsten Wirkung selbst hat für den Geist etwas Anstößiges. Um von einem Punkt zum andern zu gehen, wird ein stoffliches Molekül, welchem jede Kraftwirkung entzogen ist, sich aber auf einer Fläche bewegen muß, die geodesische Richtung, d. h. den kürzesten Weg einschlagen."[3])

„Dieses Molekül scheint den Punkt zu kennen, an den es gelangen soll, die Zeit vorauszusehen, die es zu dessen Er-

---

[1]) „Die Definitionen beider Energiearten würden Schwierigkeiten beheben, die eben so groß sind als die der Kraft und der Masse im ersten System" (Science et hypothèse).

[2]) Science et hypothèse, S. 153, 154.

[3]) A. a. O. S. 154.

reichung auf einem bestimmten Wege brauchen wird, und den Weg zu wählen, der der zweckmäßigste ist. Das Prinzip stellt es uns sozusagen als ein beseeltes und freies Wesen dar. Es ist klar, daß es besser ist, das Prinzip durch ein weniger anstößiges zu ersetzen, bei dem, wie die Philosophen sagen würden, die Zweckursachen nicht an die Stelle der bewirkenden Ursachen zu treten scheinen."[1]

---

[1] A. a. O. S. 154.

4. Kapitel.

Ergebnisse betreffs der kritischen Richtung.

1. Was zeigt uns schließlich diese Analyse eines Werkes, welches der Skeptizismus betreffs des objektiven Wertes der Wissenschaft so oft für sich in Anspruch genommen und das man beständig der klassischen Physik entgegengestellt hat? Es zeigt, scheint es, innerhalb der oberflächlichen Divergenzen, welche durch seine individuelle Eigenart bedingt sind, eine tiefgehende Übereinstimmung mit dem traditionellen Geiste der modernen Wissenschaft. Die Wissenschaft zerbröckelt nicht, schwindet nicht dahin, indem jeder Forscher seiner Chimäre nachjagt, sondern sie setzt trotz aller Umwege ihre harmonische Entwicklung auf demselben Wege fort. Die Wissenschaft ist kein Gebilde der Kunst und der Einbildungskraft, sie ist ein Kollektivprodukt, dessen Entwicklung die Eigenschaften der Stetigkeit im höchsten Maße darbietet.

Wie die traditionelle Physik postuliert die Physik Poincarés die Stetigkeit der Erfahrung und der Theorie; die Theorie ist vor allem die verallgemeinerte Erfahrung. Dieses Postulat beruht in letzter Linie auf einem gemeinsamen Glauben an die Einheit der Natur. Dieser Glaube ist nicht mit dem identisch, dem wir im Mechanismus des 18. Jahrhunderts begegnen und der die Einfachheit des Mariotteschen Gesetzes als ein Argument für dessen Exaktheit anführt. Sondern er entspringt aus dem Gelingen, aus der Voraussagung und Verallgemeinerung.[1]) Ist auch die Natur an sich nicht einfach, so können wir doch vermöge des Gesetzes der großen Zahlen und des Durchschnitts ohne Schaden sie so betrachten, als ob sie einfach wäre, denn diese Einfachheit hat, ob real oder scheinbar bestehend, stets

[1]) Science et hypothèse, S. 172, 176.

eine Ursache, und sie ist es, was die Einfachheit des wissenschaftlichen Gesetzes darstellt.

Poincaré erklärt — man hat sich dieses Arguments oft im Gegensatz zum Mechanismus bedient — daß, wenn eine solche Theorie möglich ist, stets eine Unzahl ebenso möglicher bestehen. Aber man beachtet nicht, daß dies schon in seinen Prämissen liegt, da die Theorie in mathematischer Form auftreten muß. Poincaré behauptet nun, es gebe auf einem bestimmten Gebiete eine Unendlichkeit möglicher Arten der Mathematik. Nur laufen, wenn wir die logischen Konsequenzen der Anschauungen Poincarés verfolgen, alle diese Theorien im Grunde auf dasselbe hinaus, denn sie sind insgesamt, wie die verschiedenen Arten der Mathematik, Ausdrücke voneinander, derselbe Text in einer Unendlichkeit von Sprachen. Alle diese Theorien stellen also einen Text dar. Und wenn eine bestimmte Theorie bestimmte willkürliche Konventionen einschließt, so ist der Text selbst ein festes Ganzes von realen und wahren Relationen. Noch mehr. Unter allen möglichen Arten der Mathematik hat sich die unsrige als jene dargeboten, welche unseren Bedürfnissen, unserer Erfahrung als die „bequemste" am besten entspricht. Kann man nicht auch sagen, daß die traditionelle Physik (die mechanistische Physik) als traditionell auftritt, weil sie durch unsere Bedürfnisse gefordert und weil sie die „bequemste" ist? Solcherart beruht der Mechanismus auf einem System realer Beziehungen, denn er ist die durch die Erfahrung eingegebene logische Deduktion. Hier hat die Tradition ihre Gründe und ihren Wert, und wir können nicht über sie hinweggehen.

2. Poincaré anerkennt ausdrücklich auf Grund positiver Beispiele und einer Analyse der Tatsachen, daß die Entwicklung der physikalisch-chemischen Wissenschaften seit der Renaissance in normaler und stetiger Weise erfolgt, daß also der Mechanismus, weit entfernt, einen Rückschritt zu machen, sich Hand in Hand mit diesen Wissenschaften entwickelt, und daß er gleichsam deren natürliche und wahrscheinlich auch notwendige Atmosphäre bildet. Es wären hier jene Seiten anzuführen, welche seine Untersuchung über die Physik und den Mechanismus abschließen.[1])

---

[1]) A. a. O. 202, 212.

Ich will nur die hervorstechendsten Stellen aus seiner Untersuchung über den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft anführen: „Die befriedigendste Theorie (der Elektrizität) ist die von Lorentz; sie erklärt sicherlich bekannte Tatsachen am besten, macht die größte Menge wahrer Beziehungen verständlich und ist jene Theorie, von der man in der definitiven Konstruktion die meisten Spuren findet. Man denke an die Leichtigkeit, mit der die neue Zeemansche Erscheinung ihre fertige Stelle gefunden und selbst dazu verholfen hat, die magnetische Rotation Faradays einzuordnen, welche sich den Bemühungen Maxwells widersetzt; diese Leichtigkeit beweist, daß die Lorentzsche Theorie kein künstliches Gebilde ist, welches verschwinden wird."[1])

Nun ist die Lorentzsche Theorie, obwohl sie keine stofflichen Hypothesen konstruiert, eine mechanische Theorie. Allerdings hat, nach Poincaré wenigstens, Larmor keinen Erfolg gehabt, als er diese Theorie vermittelst eines materiellen Mechanismus veranschaulichen wollte. Aber, „wenn auch Larmors Versuch gescheitert ist, bedeutet dies die Unmöglichkeit einer mechanischen Erklärung? Keineswegs. Weiter oben sagte ich, sobald ein Vorgang den Prinzipien der Energie und der kleinsten Wirkung unterliegt, läßt er eine Unzahl mechanischer Erklärungen zu. Dies gilt für die optischen und elektrischen Vorgänge. Wir müssen daher unseren Ehrgeiz einschränken, wir dürfen nicht nach der Formulierung einer mechanischen Erklärung suchen, sondern müssen uns damit begnügen, zu zeigen, daß wir, sobald wir wollen, stets eine finden können. Dann haben wir die Sache getroffen."[2])

Bezüglich der nicht umkehrbaren Prozesse zeigt Poincaré selbst, daß die Physik die Tendenz hat, die Scheinbarkeit der Nichtumkehrbarkeit anzunehmen; sie wäre dann eine Wirkung des Gesetzes der großen Zahlen. Die originellen Anschauungen Gouys betreffs der Brownschen Bewegung, welche sich dem Carnotschen Satze entzieht, lassen die Zurückführung der nicht umkehrbaren Prozesse auf umkehrbare und dadurch auf eine mechanische Theorie ersehen. „Kurz, die altbekannten Vorgänge

---

[1]) A. a. O. S. 205, 206.
[2]) Ibid.

ordnen sich immer besser ein, aber neue Erscheinungen treten an ihre Stelle; die meisten von ihnen, wie das Zeemannsche Phänomen, haben sie sofort gefunden." Was die übrigen betrifft, „so werden sie, glaube ich, die allgemeine Einheit nicht aufheben, vielmehr sie vervollständigen." Anderseits scheinen uns die neuen Ausstrahlungen wahre stoffliche Partikelchen (Jonen, Elektronen, Korpuskeln) zu offenbaren. Kurz, trotz der Entdeckungen neuer Erscheinungen oder ungeahnter Seiten der alten Phänomene „sind die Rahmen nicht durchbrochen; die Beziehungen, die wir zwischen Dingen fanden, die wir für einfach hielten, bestehen noch zwischen ebendiesen Dingen, wenn wir deren Kompliziertheit kennen, und darauf allein kommt es an. Unsere Gleichungen werden freilich immer komplizierter, um die Kompliziertheit der Natur besser erfassen zu können, aber an den Relationen, welche die Ableitung dieser Gleichungen auseinander gestatten, hat sich nichts geändert; kurz, die Form dieser Gleichungen hat sich erhalten."[1])

„Was werden wir aus dieser kurzen Darlegung schließen? Alles in allem, hat man sich der Einheit genähert, nicht so schnell, als man es vor fünfzig Jahren erhoffte, auch hat man nicht immer den geplanten Weg eingeschlagen, aber schließlich hat man viel Boden gewonnen."[2])

Ferner ist — und diese Behauptung Poincarés ist wichtig für die Stellung, die er einnimmt — der Fortschritt zur Einheit eine notwendige Bedingung der Möglichkeit der Wissenschaft.[3])

Diese Konstatierung der Fortschritte der Grundthese des traditionellen Mechanismus, der Einheit der Naturphänomene und

---

[1]) A. a. O. S. 210, 211, 191. Revue de Métaphysique, Mai 1902, S. 291.

[2]) Science et hypothèse, S. 212.

[3]) Poincaré bemerkt (Science et hypothèse, S. 202, 203), in der Geschichte der Entwicklung der Physik stellten sich zwei gegensätzliche Tendenzen dar: eine Tendenz zur Einheit, vermittelst der Entdeckung neuer Verbindungen zwischen zerstreuten Phänomenen, und eine Tendenz zur Sonderung, infolge der Auffindung neuer Erscheinungen, durch welche bestimmte vorausgesetzte Verbindungen aufgelöst werden. Welche von diesen beiden Tendenzen wird obsiegen? „Wenn die erste, dann ist die Wissenschaft möglich" (S. 203).

ihrer Gesetze, wird in der Darlegung Poincarés noch durch die stetigen Fortschritte der speziellen Theorien verstärkt, die er verzeichnet. Er zeigt, wie sie auf ihrer ursprünglichen Basis sich vervollständigen; sie stürzen niemals zusammen, um ganz anderen Theorien zu weichen.[1])

2. Wenn Poincaré bezüglich der Einheit der Natur mit der Tradition übereinstimmt, so muß er mit ihr auch betreffs einer noch wesentlicheren These übereinstimmen: betreffs der allmählichen Zurückführung der Qualität auf die Quantität. Die Qualität ist logisch betrachtet spezifisch. Qualitäten lassen sich nicht sinnvoll auf etwas zurückführen; sie lassen sich nur dann zurückführen, wenn sie als heterogene Erscheinungen einer fundamentalen Homogenität betrachtet werden.

Die reine Qualität, der individuelle Sinneseindruck, ist unübertragbar; daher muß die Wissenschaft, deren wesentliches Ziel eine für alle gleich begreifliche Konstruktion ist, das Qualitative und Individuelle der von ihr untersuchten Phänomene eliminieren. Sie tut dies so, daß sie nicht die Erscheinung selbst, das Einzelding, das nur vermittelst qualitativer Eigenschaften besteht, sondern die zwischen diesen Erscheinungen obwaltenden Beziehungen zu ihrem Gegenstande macht. Nun gehört jede Beziehung vor allem in das Gebiet der Quantität. Denn die reinen Beziehungen als solche sind insgesamt gleichartig, miteinander kommensurabel, denn die Mathematik, die Wissenschaft der Größe, wird auch, und zwar besser als die Wissenschaft der Anordnung, also der Beziehung, definiert. Eine Beziehung ist stets quantitativ darstellbar und sie ist als Quantität per definitionem gleicher Art wie alle übrigen Quantitäten. Poincaré gibt daher logisch zu, daß die Einheit der Natur, wie sie die physikalisch-chemischen Wissenschaften postulieren, nur einen Sinn hat: Die Zurückführbarkeit der physikalisch-chemischen Vorgänge aufeinander vermöge ihrer Gleichartigkeit. Nun läßt sich nur das Quantitative als homogen auffassen. Das Qualitative in den verschiedenen Empfindungen, durch die wir die Natur erkennen, ist also zu eliminieren und nur das zurückzubehalten,

---

[1]) Science et hypothèse, S. 210.

was sich quantitativ ausdrücken läßt, d. h. die zwischen diesen Empfindungen bestehenden Relationen.

Die Zurückführung des Qualitativen auf das Quantitative, des Heterogenen auf das Homogene ist wieder eines der konstituierenden Merkmale der physikalisch-chemischen Wissenschaften, wie Poincaré sie auffaßt.[1]) Ist sie nicht auch ein Charakteristikum, das spezifische Postulat der klassischen Anschauung? So vermischen sich beide Denkweisen miteinander und wir müssen die Anschauung Poincarés trotz ihrer unleugbaren Originalität als eine Äußerung des allgemeinen Geistes ansehen, welcher die Wissenschaft seit der Renaissance beseelt hat. Dadurch tritt auch diese Theorie, wie alle Theorien der zeitgenössischen Physiker, unbedingt in Gegensatz zur Tendenz, außerhalb der reinen Qualität nichts Wirkliches anzunehmen und aus der Wissenschaft jenen maßlosen Relativismus zu machen, der, wenn auch nicht praktisch, so doch logisch an einen wahren Skeptizismus grenzt.

Die Wissenschaft ist keine bloße Regel für das Handeln, sie ist auch Wissenschaft, d. h. Wissen. Handlungsregel ist sie nur, weil sie eben objektive Erkenntnis. Sie dient uns in dem Maße, als sie uns eine Voraussicht ermöglicht. Wenn sie voraussieht, sieht sie. Vermittelst ihrer wissen und sehen wir vom Realen etwas, das wir ohne sie nicht gewußt und gesehen hätten.[2])

4. Die Wissenschaft hat demnach einen Erklärungswert. Gewiß behauptet sie nicht mehr, wie der traditionelle Mechanismus, die anspruchsvolle Anschauung Newtons oder Clarkes, die wenigen Gesetz des Absoluten nachbilden zu können. Wissenschaftlich genommen ist das Wort „absolut" sinnlos, und Poincaré hütet sich, es wieder einzuführen. Innerhalb der Grenzen der menschlichen Erkenntnis aber hat die Wissenschaft einen objektiven Wert. Der traditionelle Mechanismus behauptet, keine unserer Erkenntnisse übertreffe sie an Objektivität und Erklärungswert, und Poincaré tut desgleichen.

Die Wissenschaft ist vor allem ein System von Beziehungen.

---

[1]) Revue de Métaphysique, Mai 1902, S. 289.
[2]) A. a. O. S. 266.

Sie ordnet die Naturerscheinungen nach ihrer Ähnlichkeit einer großen Zahl von Gruppen ein. Alles, was in jeder Gruppe von einem Phänomen erfaßt worden ist, kann sich an allen anderen in identischer Weise wiederholen; dies wäre die Formel eines Naturgesetzes, einer konstanten und realen Beziehung. Diese natürliche Klassifikation, die Krönung der Wissenschaft, welche Poincaré vor Duhem angegeben hat, ist nicht bloß ein Werkzeug zur genauen Beschreibung, sondern auch eine Erklärung im menschlichen Sinne des Wortes: sie ermöglicht die Voraussagung bestimmter Vorgänge aus anderen, sie leitet die Vorgänge vermittelst Reduktionsformel auseinander ab. Sie ist ein Beweis dafür, daß es in der Natur eine Notwendigkeit gibt und daß die physikalischen Gesetze nicht kontingent sind. Dieser physikalische Determinismus führt uns unmittelbar zur Objektivität der Physik.[1])

Was versteht man denn unter „objektiv" und „Objekt"? „Objektiv" bedeutet nichts anderes als, was sich auf Relationen der Erscheinungen bezieht; „Objekt" bedeutet diese Relationen selbst. „Subjektiv", scheinbar, illusorisch ist alles, was die Erscheinungen (d. h. die komplexen Verbindungen von Empfindungen, die unsere Wahrnehmungen bilden) Flüchtiges, Unfaßbares, Qualitatives, rein Individuelles aufweisen, was sich nicht anderen Subjekten mitteilen läßt, was fremde Subjekte nicht so wie das erste sehen können. Das Objekt hingegen ist das, was alle Subjekte gleicherweise wahrnehmen, es besteht in den allgemeinen Beziehungen, welche von den unbeschreibbaren Nuancen unabhängig sind, mit denen die Einbildungskraft der Individuen sie bekleidet.

Auf diesen Beziehungen beruht nun, gemäß der von uns dargelegten Analyse, die Physik; sie ist deren Formulierung in klarster und verständlichster Sprache, d. h. in der leichtest mit-

---

[1]) A. a. O. S. 287. Poincaré sucht (S. 281—88) die verschiedenen Bedeutungen des Wortes „kontingent" und den Sinn des „Notwendigen" auf. Aus dem Umstande, daß die Physiker zwar zugeben, jedes Gesetz gelte nur annähernd, aber doch konstatieren, daß das Gesetz immer genauer gilt und daß die Natur aus Vorgängen besteht, die sich in fast identischer Weise wiederholen, aus gleichen Beziehungen und Folgen, schließt er, daß die physische Natur einen Determinismus darstellt und daß die physischen Gesetze notwendig sind.

teilbaren und bequemsten (im Sinne von Poincaré) Sprache. Die Physik ist demnach das Objektivste von allem, was wir empfinden, wahrnehmen und erkennen.[1])

Ihre Objektivität ist genau dieselbe wie „unser Glaube an die Außendinge". „Die letzteren sind real, insofern die durch sie erregten Empfindungen uns als durch ein unbeschreibliches Band geeinigt, nicht als Zufallserscheinungen erscheinen. Die Wissenschaft zeigt uns ferner noch andere, feinere, aber nicht weniger feste Bande. Es sind so dünne Fäden, daß sie lange unbemerkt blieben, seit ihrer Entdeckung aber ist es nicht mehr möglich, sie nicht zu sehen. Sie sind daher nicht weniger real als jene, welche den Außendingen ihre Realität geben. Es verschlägt nichts, daß sie erst kürzere Zeit bekannt sind, denn die einen können nicht vor den anderen hinwegfallen".[2])

„Die einzige objektive Realität besteht also in den Beziehungen der Dinge, aus welchen die universelle Harmonie entspringt. Gewiß sind diese Beziehungen und diese Harmonie nicht außerhalb eines sie erfassenden oder empfindenden Bewußtseins zu denken. Gleichwohl sind sie objektiv, weil sie allen denkenden Wesen als gemeinsames Objekt angehören oder angehören werden."[3])

Alles Ungedachte ist ein reines Nichts, denn wir können nur Gedanken denken, und alle Worte, die wir zur Bezeichnung der Dinge gebrauchen, können nur Gedanken ausdrücken. Daß es etwas Anderes als den Gedanken gibt, ist eine unsinnige Behauptung."

„Dennoch zeigt uns — ein befremdender Widerspruch für jene, welche an die Zeit glauben — die Erdgeschichte, daß das Leben nur eine kurze Episode zwischen zwei Ewigkeiten des Todes ist und daß in dieser Episode das bewußte Denken nur einen Augenblick gewährt hat und währen wird, Der Gedanke ist nur ein Blitz mitten in einer langen Nacht, aber dieser Blitz ist alles."[4])

---

[1]) Revue de la Métaphysique, Mai 1902, S. 290.
[2]) A. a. O. S. 292.
[3]) Valeur de la Science, S. 271.
[4]) A. a. O. S. 275.

Viertes Buch.

Die Weiterbildung des Mechanismus. Die anschaulichen Hypothesen.

1. Kapitel.
Allgemeines.

Wir haben im Vorstehenden die Kritik der traditionellen Physik betrachtet. Welches auch immer die besonderen Tendenzen sind, durch die sich ihre Schöpfer leiten lassen, so kann man sagen, diese Kritik hält in ihren Folgerungen die Objektivität der Physik innerhalb der Grenzen der Erfahrung sowie die Stetigkeit der wissenschaftlichen Entwicklung aufrecht. Sie ergibt einen empirischen Positivismus, zugleich auch die Berechtigung der mathematischen Physik, die Möglichkeit einer rationellen Organisation der empirischen Resultate. Die Kritik der Physik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ist nur die Entwicklung der allgemeinen Tendenzen der modernen Wissenschaft. Im ganzen fügt sie der klassischen Physik die für deren Fortschritt nötigen Modifikationen hinzu, die Verbesserungen, welche ein Weiterschreiten, aber in derselben Hauptrichtung, ermöglichen. In diesem Sinne hat die Kritik den Mechanismus angegriffen oder gegen ihn Stellung genommen.

Die Resultate dieser Kritik waren sehr bedeutend und wurden noch durch den riesigen Lärm, den man um sie herum erhob, vergrößert. In geschickter Weise wurde sie gegen den modernen Geist, gegen die Wissenschaft ins Treffen geführt, deren objektiver Wert aus sozialen Vorurteilen diskreditiert

werden sollte. Diese Kritik wurde zugunsten des Glaubenstandpunktes im großen Publikum verbreitet, wobei man alles verschwieg, was dem das Gleichgewicht halten kann. Trotz allem ist der Historiker genötigt, festzustellen, daß die große Mehrzahl der Physiker und fast alle Laboratoriumsforscher dem Mechanismus treu gblieben sind.

Die Kritik der Philosophen und Literaten und die Vorbehalte der Mathematiker oder der reformatorischen Physiker scheinen ihre Ruhe nicht besonders gestört zu haben. Es sei hinzugefügt, daß diese Ruhe begründet war, denn die Physik setzte ihre Entdeckungen und dadurch ihre objektive Beeinflussung der Natur fort, und fast alle Entdecker und Techniker von Bedeutung waren eben Mechanisten. Man sprach bald von dem Untergange der traditionellen Auffassung der Wissenschaft seit der Renaissance, bald von den Gefahren des Mechanismus für diese Wissenschaft und — die Physiker, welche von ausgesprochen mechanischen Hypothesen ausgingen und eine mechanische Systematisierung der Natur anstrebten, vermehrten täglich das wissenschaftliche Erbgut. Und es waren beinahe nur sie, die dies taten, so daß die Geschichte des Mechanismus mit seltenen und sehr partiellen Ausnahmen die Geschichte der Physik ist.

Nur zwingt uns die historische Unparteilichkeit und auch schon der gesunde Menschenverstand zur Konstatierung, daß parallel mit den von ihm gemachten Entdeckungen der Mechanismus sich, wie der Inhalt der Physik selbst, weiter entwickelt hat. Diese Geschichte und diese Entwicklung haben wir nur in den Umrissen darzustellen.

2. **Kirchhoff** erklärte in seiner Schrift „Über das Ziel der Naturwissenschaften" (1865), die Naturwissenschaften hätten ein Ziel, das sie vielleicht nie erreichen werden, nämlich die Bestimmung der Größe und Richtung aller zu einer bestimmten Zeit in der Natur vorhandenen Kräfte und des Zustandes der Materie. Alle vergangenen und künftigen Vorgänge — die ganze Geschichte des Alls — ließen sich dann daraus genau ableiten. Kurz, **Kirchhoff** betrachtete als Ziel der Naturwissenschaft deren Zurückführung auf die Mechanik, eine Systembildung, deren Grundlage die Prinzipien der Mechanik wären.[1]

[1]) Über d. Ziel d. Naturwiss., passim.

Ungefähr zur selben Zeit (1869) erklärte Helmholtz, die allgemeine Tendenz der Naturwissenschaften, deren eigentliches Hauptziel sei die Auffindung der Bewegungen, auf die sich alle anderen Bewegungen zurückführen lassen. Sie müssen sich allmählich auf die Mechanik, und nur auf diese, gründen.[1]

Diese beiden Bemerkungen sind bedeutsam, denn man kann Kirchhoff und Helmholtz nicht der mechanistischen Einseitigkeit bezichtigen. Sie haben vielmehr die Grundlagen der Mechanik und der Physik sorgfältig kritisiert und die Angriffe gegen den atomistischen Mechanismus beifällig aufgenommen. Diese Zeugnisse sind aber um so wertvoller, als diese Forscher, indem sie ihre Angriffe gegen den traditionellen Mechanismus erhoben, eine Remedur ohne Bruch mit der mechanistischen Tradition, bloß durch Erweiterung und Weiterbildung des Mechanismus in seiner normalen Richtung, schaffen zu können glaubten. Von einem als unzureichend, als zu metaphysisch und realistisch verurteilten appellieren sie an einen geschmeidigeren, mehr phänomenalistischen und theoretischen Mechanismus.

Du Bois-Reymond bemerkt im Jahre 1881: „Naturerkennen, genauer gesagt, naturwissenschaftliches Erkennen oder Erkennen der Körperwelt mit Hilfe und im Sinne der theoretischen Naturwissenschaft, ist Zurückführen der Veränderungen in der Körperwelt auf Bewegungen von Atomen, die durch deren von der Zeit unabhängige Zentralkräfte bewirkt werden, oder Auflösung der Naturvorgänge in Mechanik der Atome. Es ist physiologische Erfahrungstatsache, daß dort, wo solche Auflösung gelingt, unser Kausalitätsbedürfnis vorläufig sich befriedigt fühlt. Die Sätze der Mechanik sind mathematisch darstellbar und tragen in sich dieselbe apodiktische Gewißheit wie die Sätze der Mathematik. Indem die Veränderungen in der Körperwelt auf eine konstante Summe potentieller und kinetischer Energie, welche einer konstanten Menge von Materie anhaftet, zurückgeführt werden, bleibt in diesen Veränderungen selber nichts zu erklären übrig."

„Kants Behauptung in der Vorrede zu den ‚Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft', daß in jeder besonderen

[1]) Populärwissensch. Vorles. I, 92 ff.

Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen sei, ist also vielmehr noch dahin zu verschärfen, daß für Mathematik Mechanik der Atome gesetzt wird. Sichtlich dies meinte er selber, als er der Chemie den Namen einer Wissenschaft absprach und sie unter die Experimentallehre verwies. Es ist nicht wenig merkwürdig, daß in unserer Zeit die Chemie, indem sie durch die Entdeckung der Substitution gezwungen wurde, den elektrochemischen Dualismus aufzugeben, sich von dem Ziel, eine Wissenschaft in diesem Sinne zu werden, scheinbar wieder weiter entfernt hat. Denken wir uns alle Veränderungen in der Körperwelt in Bewegungen von Atomen aufgelöst, die durch deren konstante Zentralkräfte bewirkt werden, so wäre das Weltall naturwissenschaftlich erkannt." [1])

Du Bois-Reymond war sicherlich einer der eifrigsten Verfechter der Relativität der Erkenntnis. Der Mechanismus, den er als notwendige Grundlage der Naturwissenschaften betrachtet, hat also eine phänomenalistische Bedeutung. Er will nicht die absolute Konstitution der Materie wiedergeben und die metaphysischen Probleme bezüglich des inneren Wesens dieser Materie lösen. Kein Forscher verficht den Mechanismus in diesem Sinne, den ihm die Spiritualisten wie die Materialisten des 16., 17., 18. und der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gern gaben. Ja, Du Bois-Reymond geht noch weiter. Es ist nicht bloß seine Meinung, daß der Mechanismus eine Zurückführung ist, die sich nur auf die Erscheinungswelt bezieht und nur in dieser phänomenalen und relativen Wirklichkeit etwas bedeutet, sondern er glaubt auch, daß die mechanistische Tendenz ihre Grenzen hat und daß sie möglicherweise nicht auf alle Erscheinungen Anwendung findet. In diesem Falle wäre es aber nicht die Natur der Erscheinungen, was diesen Versuch verhindert, sondern einzig und allein die Schwäche unseres Geistes, die Beschränktheit des menschlichen Intellekts. Der Mechanismus bleibt mit Recht die Universalformel, nach der die Physik strebt.

Unter dem Titel „On the dynamical evidence of the molecular constitution of Bodies" (Nature, 4. und 11. März 1875)

---

[1]) Über die Grenzen des Naturerkennens, S. 2 ff.

veröffentlichte Clerk Maxwell zwei Abhandlungen, in welchen er seine allgemeinen Anschauungen über die Physik zusammenfaßt. Er stellt hier eine atomistische und mechanische Hypothese auf. Jeder physikalische Vorgang läßt sich auf einen Konfigurationswechsel eines materiellen Systems zurückführen. Dieser Konfigurationswechsel läßt sich nur in Form gewisser Bewegungen elementarer Teile dieses Systems denken, welche Bewegungen die wechselseitige Stellung jener Teile ändern und welche den Konfigurationswechsel des Systems zur Folge haben. Diese Bewegungen können nur die Wirkung von Kräften sein, welche jedes dieser Elemente oder das ganze System treffen. Unter Kraft ist offenbar nur ein empirischer Faktor zu verstehen. Lassen sich alle Eigenschaften, welche eine physikalische Erscheinung darbietet, aus der Konfiguration und Bewegung eines materiellen Systems ableiten, so sagt man, dessen Erklärung sei vollständig. „Eine weitere Erklärung können wir uns nicht denken, denn sobald wir wissen, was die Ausdrücke Konfiguration, Masse und Kraft bedeuten, sehen wir, daß die durch sie ausgedrückten Begriffe so einfach sind, daß sie durch nichts anderes erklärbar sind."

Lord Kelvin bemerkt in einem Vortrage über die molekulare Konstitution der Materie, den er im Jahre 1889 in der Royal Society zu Edinburgh hielt: „Es ist die praktisch einhellige Meinung der wissenschaftlichen Welt, daß alle tastbare oder greifbare Materie, der massive Stoff (molar), wie wir ihn nennen können, aus Gruppen von Molekülen oder Atomen besteht, die in Wechselwirkung miteinander stehen." [1])

„Die kinetische Gastheorie, die jetzt so bekannt ist, bedeutet einen so großen Fortschritt in der Richtung der Erklärung scheinbar stetiger Eigenschaften der Materie durch die Bewegung, daß man sich kaum der Ahnung einer vollständigen Theorie der Materie entschlagen kann, in welcher alle deren Eigenschaften als bloße Attribute der Bewegung erscheinen werden." [2]) „Schon der Titel des schönen Buches von Tyndall, ‚Die Wärme als Form

---

[1]) Sir W. Thomson (Lord Kelvin), Wissenschaftliche Vorträge, franz. Übers., S. 312.

[2]) A. a. O. S. 142.

der Bewegung', verkündet eine Wahrheit und hat in der ganzen Welt eine der größten Errungenschaften der modernen Wissenschaft verbreitet."[1])

Analoge Behauptungen ließen sich in ermüdender Fülle vorbringen, und man hätte dann alles angeführt, was die Physik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts an berühmten Namen gezählt hat. Wir tun besser daran, zu analysieren, worin die gegenwärtige mechanische Konstruktion besteht und welches die Tendenzen sind, die man als ihre charakteristischen Grundtendenzen bestimmen kann. Diese Analyse ist oft unternommen worden, aber kaum in genug objektiver Weise, d. h. mit Berücksichtigung aller Sonderarten der mechanistischen Theorien.

3. Wir müssen uns hier übrigens vor jedem Mißverständnis hüten. Ich behaupte keineswegs, alle Physiker seien in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts der traditionellen Formel des Mechanismus treu geblieben. Das hieße so viel als daß die Physik eine Krise der Unfruchtbarkeit hinter sich hat, während doch im Gegenteil keine Periode an Entdeckungen so ergiebig war wie diese letzten fünfzig Jahre. Ich will nur sagen, daß die Mehrzahl der Physiker, indem diese die mechanischen Schemata beständig verbesserten und sie gemäß den Anforderungen der neuen Erfahrungen erweiterten, den wissenschaftlichen Prinzipien des Mechanismus treu geblieben ist. So wie die mechanistische Physik der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts der mechanistischen Physik des 18. Jahrhunderts und diese wiederum der mechanistischen Physik Descartes nicht gleicht, so gleicht auch die zeitgenössische mechanistische Physik nicht der mechanistischen Physik der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Aber sie ist mechanistisch geblieben. Bei aller Verschiedenheit ihrer Schemata und Vorstellungen ist ihre Grundtendenz dieselbe.

Der Mechanismus sucht nicht mehr ein unveränderliches Bild seines Gegenstandes zu geben. Vielmehr stellt er sich wesentlich als eine Methode der Untersuchung, der Entdeckung und des Fortschrittes dar. Der Mechanismus beansprucht nichts weiter, als das Recht, bildliche Vorstellungen zu gebrauchen, die aber

[1]) A. a. O. S. 93.

variabel sind, in dem Maße, als sich uns die Natur in vollständiger Weise offenbart. Er fordert nur, daß die physikalisch-chemischen Vorgänge in Verbindung mit den Elementen und Gesetzen der Mechanik systematisiert werden müssen, welches immer die Form dieser Systematisierung und die zahlreichen Verbesserungen sein mögen, welche die Zukunft erfordern wird. Die mechanistische Physik beansprucht nicht die gegebene Einheit eines mechanischen Schemas, sondern das Recht, zur Deutung und Systematisierung der physikalisch-chemischen Vorgänge mechanische Schemata zu gebrauchen, und sie behauptet, die Systematisierung dieser Phänomene werde in letzter Linie notwendig eine anschauliche Formel sein. Zusammengefaßt: Ausgehend von der Bewegung und den durch sie bedingten Begriffen, d. h. den Begriffen, deren Untersuchung die Mechanik begonnen hat, muß man durch entsprechende Komplizierung derselben zur Darstellung des gesamten Inhalts der Physik gelangen. Zusammenhang der physikalischen und der mechanischen Vorgänge, daher völlige Darstellbarkeit der physikalischen Vorgänge durch die Bewegung, also der Kinetismus in dessen voller Bedeutung — das sind die Merkmale der klassischen Physik, der Physik seit der Renaissance, des Geistes fast der gesamten Physiker und Chemiker der Gegenwart.

4. Es ist in der Tat zu bemerken, daß die Kritiker, welche, indem sie die Objektivität der physikalisch-chemischen Gesetze in dieser oder jener Weise intakt ließen, die Objektivität der mechanischen Schemata angriffen, besonders Mathematiker oder Vertreter der Mechanik — und das heißt, bei dem gegenwärtigen Stande der Mechanik, wieder Mathematiker — waren. Jene unter ihnen, welche vermöge gewisser Arbeiten sich als Physiker geben dürfen, haben fast einzig und allein mathematische Physik getrieben, d. h. sie haben nach der Möglichkeit einer mathematischen Theorie der physikalischen Vorgänge gesucht. Man scheint sich nun durch die Gewohnheit, eine Wissenschaft zu lehren, in welcher der Gegenstand, anscheinend wenigstens, durch den Forscher erzeugt wird, wo jedenfalls die konkreten Erscheinungen für die Forschung nicht mehr in Betracht kommen, eine zu abstrakte Vorstellung von der Physik gebildet zu haben: man hat sie der Mathematik immer mehr nähern wollen und hat einen

allgemeinen Begriff der Mathematik zu einem Begriff der Physik gemacht. Wir haben fast beständig die Empfindung einer unerlaubten Grenzüberschreitung des Begriffes der Mathematik in Beziehung zu dem der Physik. Gleicht dann nicht die Physik dem, als was man sie haben will, oder dem, für das man sie hält, nicht aber dem, was sie in Wahrheit ist? Dies ist in der Tat die Meinung der experimentellen Physiker und Chemiker, die sich fast insgesamt dem Mechanismus anschließen.

Diesen Einwand ungefähr erhebt Milhaud, obzwar selbst Mathematiker, gelegentlich des Werkes von Poincaré „La Science et l'hypothèse". „Eine Chimäre, die nicht zutage tritt, aber durchschimmert, verwirrt den Geistesblick: die Chimäre einer absoluten, apodiktischen Notwendigkeit, die sich selbst darstellt.. In seinen Bemühungen, zu zeigen, daß er in keiner Weise die absolute Notwendigkeit heranzieht, erregt Poincaré den Eindruck, daß er stets daran denkt . . Man fühlt, er bewahrt im Innern seines Denkens eine Art idealen Maßstab, an dem gemessen die gewöhnlichen Urteile der Wissenschaft im Leeren zu schweben scheinen. Da sie sich nicht von selbst mit jener erträumten absoluten Notwendigkeit aufzwingen . ., verleitet der Schatten der unerreichbaren Chimäre zur Unterschätzung des Wertes dieser Anerkennung und Entscheidung, als ob die Objektivität alles dessen entkleidet werden müßte, was der Geist selbst an Stelle des mangelnden Absoluten hinzubringt. Dies ist der Grund, weshalb Poincaré die Grunddefinitionen der Wissenschaft so leicht ihrer Wahrheit beraubt und warum er uns — trotz seiner gegensätzlichen Bemühungen — zum Zweifel an deren Objektivität verführt."[1]) Dies bedeutet einen Einbruch der mathematischen Denkweise in die der Physik, wie alle Experimentatoren sie bekunden. Ist nicht dieser Einfluß, der, wenn auch verborgen, doch um nichts weniger herrschend ist, oft die Ursache der Ungewißheit, der Bedenken des Denkens betreffs der Objektivität der Physik, der Umwege, die man macht, und der Hindernisse, die man überwindet, um sie darzulegen? Die abstrakten Fiktionen der Mathematik scheinen zwischen der physischen Wirklichkeit und der Weise, wie die Mathematiker die

[1]) Revue de Métaphysique, November 1903, S. 787, 788.

Wissenschaft von dieser Wirklichkeit verstehen, eine Scheidewand hergestellt zu haben. Sie empfinden verworren die Objektivität der Physik, deren innige Beziehungen zur Erfahrung; infolge der Art und Weise aber, wie sich ihnen das Problem subjektiv darstellt, müssen sie, um sie wiederzufinden, eine komplizierte und schwierige Analyse ersinnen.

Obwohl sie vor allem objektiv sein wollen, bleiben sie, wenn sie sich mit der Physik beschäftigen, ungeachtet ihrer Bemühungen, im Realen Fuß zu fassen und zu behalten, durch ihre Gepflogenheiten bestimmt. Bis in die energetische Anschauung hinein, welche fester und mit weniger Hypothesen bauen wollte als der Mechanismus, der eine Abbildung, nicht eine Nachbildung des Universums angestrebt hat, haben wir es stets mit Theorien von Mathematikern oder doch mit Theorien zu tun, welche dazu geschaffen wurden, um den Kritiken seitens der Mathematiker Genüge zu tun. Sie haben alles getan, um die Objektivität zu retten, von der sie sehr wohl wissen, daß ohne sie von einer Physik nicht die Rede sein kann. Durch ihre logische Schärfe und Tiefe sind sie theoretisch zu ihrem Ziele gelangt. Gleichwohl haben das Komplizierte und die Umschweife ihrer Theorien ihren Übelstand. Das alles ist zu gemacht, gesucht, konstruiert; der Experimentator empfindet hier nicht das spontane Vertrauen, das ihm die stete Berührung mit der physischen Realität einflößt. Stets merkt man, daß hier die mathematische Inspiration gewaltet hat.

5. Das ist der wesentliche Inhalt dessen, was die sehr zahlreichen Physiker, die vor allem oder nur Physiker sind, und alle Anhänger der mechanistischen Richtung sagen. Wenn in letzter Zeit in der Physik sich eine Krise zu vollziehen schien, wenn die seit der Renaissance befolgte Tradition partiell oder selbst völlig unterbrochen zu werden schien, besonders in den Augen jener, welche die Dinge von weitem und rein äußerlich betrachteten, wenn in jedem Falle der Mechanismus kritisiert und unterminiert worden ist, während er bis dahin gleichsam die Atmosphäre des Lebens der Physik bildete, so ist die Ursache und Erklärung dafür nicht weit zu suchen. Sie liegt in der Eroberung des physikalischen Gebietes durch den Geist der Mathematik. Die Fortschritte der Physik einerseits, die der Mathematik

anderseits haben im 19. Jahrhundert eine innige Verschmelzung beider Wissenschaften gezeitigt. Die Physik hat die meisten der von ihr zu lösenden Fragen an die Mathematik gestellt und hat ihr angegeben, worauf sie ihre Untersuchungen zu richten und worauf sie ihre Arbeit zu erstrecken habe, um nützlich zu sein. Die Mathematik anderseits hat der Physik unzählige Dienste erwiesen. Vermittelst ihrer Methoden, Operationen und vieler ihrer Resultate in der algebraischen oder geometrischen Analyse durch die Untersuchung gewisser Funktionen hat sie ihr eine besondere Sprache gegeben, welche es ermöglichte, durch die rationelle Symmetrie, die sie den Formeln gab, fruchtbare Analogien zu beleuchten.

Dazu kommt noch der Umstand, daß die Mathematik für die technischen Anwendungen die Unterlage obgab, daß sie eine leichte und präzise Verwertung der durch den Forscher entdeckten Gesetze seitens des Ingenieurs gestaltete. Wir begreifen nun die ganze Bedeutung der Mathematik für die Physik und wie es kommen mußte, daß die letztere sich immer mehr an jene hat wenden und sich ihr dann in ihrem allgemeinen Gefüge hat nähern müssen.

Personen, welche eng mit miteinander verbunden sind, werden schließlich einander ähnlich, wobei stets die eine einen überwiegenden Einfluß ausübt und die andere in gewissem Maße modelt. Etwas Ähnliches gilt für das Verhältnis der Physik zur Mathematik. Da die Mathematik gegenüber den Induktionen, Hypothesen, Versuchen der Physik durch ihre lange Vergangenheit, ihre Logik, Klarheit, Verständlichkeit, Gewißheit und Strenge sich zur Geltung brachte, da sie die exakte, vollkommene Wissenschaft war, welche von den anderen Wissenschaften beneidet wird, hat sich die Physik, insbesondere in den Händen der Forscher mit mathematischer Vorbildung, nach der Mathematik gemodelt.

Neben der Experimentalphysik, auf ihr beruhend und sie fortsetzend, hatte allezeit die theoretische Physik existiert. Man machte nicht einmal einen wirklichen Unterschied zwischen beiden, denn es gibt, wie man oft gesagt hat, keine Erfahrung ohne Theorie, ohne logische Konstruktion, ohne vorgefaßte Ideen, Hypothesen, Generalisationen und Systematisationen. Die Theorie

hing mit der Erfahrung zusammen, sie war deren spontane und notwendige Verallgemeinerung, sie war, kurz gesagt, die auf Erfahrung begründete Induktion. Die Synonymität der Ausdrücke „induktive Methode“ und „experimentelle Methode“ weist auf diese innige Verschmelzung, diese Einheit, welche Experimental- und theoretische Physik lange Zeit verband; da aber die Theorie einer präzisen Sprache bedurfte, so suchte sie das Vorbild dafür in der präzisen Sprache der Mathematik. Indem die Theorie infolge der wissenschaftlichen Fortschritte in ihren Generalisationen mit jedem Tage abstrakter, begrifflicher wurde, fand sie sich durch ihre Form, ihr allgemeines Gebaren der Mathematik angenähert. Die theoretische Physik wurde zur mathematischen Physik. Bei dieser Umwandlung verlor sie nicht gleich die Berührung mit der empirischen Wirklichkeit. Wie bei Newton, Lagrange, Laplace, Poisson, wie im Mechanismus des 18. und in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, also wie in der deduktiven Periode, um mit Mach zu sprechen; blieben die Elemente der mathematischen Theorie stets unmittelbar von der Erfahrung entlehnt. Es waren Erfahrungsdaten oder sie sollten es sein; jedenfalls stellte man sie sich als reale Elemente, als Dinge, als Tatsachen vor. Wenn auch mathematisch formuliert, blieb die Theorie doch in ihrer allgemeinen Entwicklung induktiv. Sie ging zwar deduktiv vor, aber mittels generalisierender Deduktion, progressiver Generalisation. Man deduzierte nicht nach Art der Energetik, indem man eine ursprünglich allgemeine Formel spezialisierte, sondern man setzte stufenweise die komplizierten Fälle aus den einfacheren zusammen. Man konstruierte das Komplizierte aus dem Einfacheren ungefähr so, wie die synthetische Geometrie Euklids ihre komplexen Begriffe vermittelst einer Konstruktion bildet, deren Elemente insgesamt einfacheren Begriffen entnommen sind. So verfährt auch die neuere Analysis, wenn sie sich vermittelst progressiver und doch deduktiver Generalisationen auf den einzigen Begriff der ganzen Zahl gründet.

Die Elemente der Theorie, deren Grundlagen blieben also reale, objektive Daten und teilten ihre Objektivität dem ganzen Bau mit, dessen einziges Material sie darstellten.

Allmählich aber wurde durch ihre Entwicklung die mathematische

Physik spezialisiert, denn es bedurfte jetzt der Spezialisten, der Mathematiker und Analytiker. Nun begann die formelle Periode, d. h. die rein mathematische Physik, die nicht mehr einen Zweig der Physik, sondern der Mathematik bildete, welcher von den Mathematikern gepflegt ward. In dieser neuen Phase mußte der Mathematiker, der an die begrifflichen Elemente seiner Arbeit gewöhnt war und durch die groben, materiellen Elemente, die er wenig geschmeidig fand, gestört, stets danach streben, möglichst von ihnen zu abstrahieren, sie sich in völlig immaterieller und begrifflicher Weise vorzustellen oder gar sie völlig zu vernachlässigen.

Die Elemente als reale, objektive und vor allem als physische Daten verschwanden schließlich ganz. Zurück blieben nur formale Relationen, in Differentialgleichungen dargestellt. Außer ihnen gab es nichts Objektives und Reales mehr; nichts erinnert hier an die Physik, ausgenommen die physikalischen Gesetze, welche die Experimentatoren in einer anderen Welt entdeckten. Gewiß, wer sich die Mühe macht, den Zusammenhang des physikalischen Laboratoriums mit dem Arbeitszimmer des Mathematikers nachzugehen, findet genügend objektive Grundlagen. Kümmert man sich aber nicht um diese Verbindung oder vernachlässigt man auf der eiligen Suche nach Resultaten den Weg ihrer Gewinnung, so sieht man in dem zusammengesetzten Namen „mathematische Physik" nur das erste Glied. Wird der Mathematiker nicht durch seine konstruktive Arbeit genarrt, weiß er bei der Analyse der theoretischen Physik, wie sie seinem Kopfe entspricht, deren Beziehungen zur Erfahrung und deren für den Unbefangenen sofort ersichtliche Objektivität zu finden, so glaubt man einer willkürlichen Entwicklung gegenüberzustehen.

Auch der induktive Charakter der Physik verschwindet. Die ursprünglichen Elemente werden zu abstrakten Prinzipien, zu äußerst allgemeinen Formen. Der abstrakte Begriff hat überall das reale Element verdrängt. Die Theorie gründet sich nicht auf Tatsachen; als vollkommene Deduktion entwickelt sie eine Formel und wird durch nichts als das Prinzip des Widerspruchs beschränkt, ist also nur von logischer Sicherheit.

Durch die mathematische Form also, welche die theoretische

Physik angenommen hat, durch die Bedeutung dieser mathematischen Physik selbst, durch den Umstand, daß sie in das fast ausschließliche Bereich des Mathematikers geraten ist, endlich durch die Umgestaltung, welche der letztere an der theoretischen Physik vornehmen mußte, läßt sich die Unzuträglichkeit, die Krise und die scheinbare Entfernung der Physik von den objektiven Tatsachen erklären.

---

2. Kapitel.

Grundzüge des modernen Mechanismus.[1])

I. Die Rolle der Erfahrung.

1. Der Mechanismus ist ganz dazu angetan, uns vor der Illusion zu bewahren, als ob die Physik sich von der Erfahrung entfernte. Er steht auf einem ganz und gar physischen und realen Boden. Wohl ist er durch die unvermeidliche Entwicklung der Wissenschaft und infolge der angesammelten Kritiken an dem traditionellen Atomismus gezwungen worden, seine Grund-

---

[1]) Bemerkung über die Darstellungsmethode. Die mechanistische Theorie können wir nicht in derselben Weise behandeln wie die übrigen Auffassungen der Physik. Denn diese letzteren waren durch ihre Vertreter ausdrücklich formuliert worden, und es ließ sich durch Analyse der Arbeiten dieser Forscher der allgemeine Geist, der ihre Schulen beseelt, vollständig bestimmen. Anders verhält es sich mit dem Mechanismus. Zunächst ist er eine biegsamere Doktrin, deren Nüancen gar nicht zu erschöpfen sind, was bei der großen Menge ihrer Anhänger nicht zu verwundern ist. Dann kenne ich aber auch keinen, der es unternommen hat, die Theorie der mechanistischen Physik vollständig zu bestimmen und darzulegen. Sie scheint, durch die Tradition gestützt, so natürlich zu sein, daß man gar nicht an ihre Analyse denkt.

Begreiflicherweise sucht man eine Theorie eher dann scharf zu analysieren, wenn sie sich von der Tradition entfernt und sie sogar bekämpft, als wenn sie dieselbe fortsetzt. Da ferner der Mechanismus bis auf unsere Zeit beinahe die einzige Anschauung der Physik war, war es die Wissenschaftslehre, d. h. die Philosophie, die sich der Darlegung, Analyse und Prüfung des Mechanismus unterzog. Waren nicht im 17. und 18. Jahrhundert die größten Physiker zugleich die größten Philosophen: Descartes, Pascal, Leibniz, Newton, Clarke, Kant...? Die Vertreter des Mechanismus überlassen denn auch gern den Philosophen die Arbeit, den Geist des Mechanismus zu bestimmen. Bei den Philosophen müssen wir also sehr häufig die Grundzüge des wissenschaftlichen Mechanismus suchen.

anschauungen erheblich zu modifizieren, und er hat sich gewandelt. Aber er hat hierbei seine charakteristischen Merkmale bewahrt, und so darf er seinen Namen mit Recht weiterführen.

Diese Merkmale lassen sich bestimmen, indem man an die Grundlinien des traditionellen Mechanismus denkt; denn der letztere stellt sich in seinen Grundzügen dem Historiker als eine viel klarere und einfacherere Lehre dar.

Zunächst stellt er — und dies bildet seine feste Basis, aus welcher sich alle seine übrigen Merkmale ableiten lassen — einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen Erfahrung und Theorie her. Gewiß begegnet der Historiker in allen Auffassungen der theoretischen Physik diesem mehr oder minder deutlichen Zusammenhang, aber in allen bisher analysierten Anschauungen besteht eine mehr oder minder ausgesprochene Unterbrechung des Zusammenhanges zwischen Theorie und Erfahrung. Die Erfordernisse der mathematischen Form machen, wie wir gesehen haben, für diese Physiker die Diskontinuität notwendig, und sie haben dann eine große Schwierigkeit zu überwinden, um die nicht weniger notwendige Verbindung, die zwischen Theorie und Erfahrung bestehen muß, wieder aufzufinden. Logisch ausgedrückt, ist die Verbindung zwischen Theorie und Erfahrung in allen Anschauungen mit Ausnahme des Mechanismus synthetisch.

Im Mechanismus aber ist sie analytisch: die Theorie entspringt gänzlich der Erfahrung und will eine Abbildung des Objekts sein. Der Erfahrungsinhalt begründet, modelt den Mechanismus, liefert ihm seine Prinzipien, seine Richtung, seine Entwicklung, seine Resultate und seine Bestätigung. Die theoretische Physik enthält nichts, was nicht auf die Erfahrung sich gründet, nicht unmittelbar aus ihr entspringt und durch sie erhärtet wird; wenigstens glaubt man es. Und jede noch so kühne und allgemeine Hypothese stützt sich auf die Erfahrung und ist eine verifizierbare Hypothese.

In diesem Punkte adoptieren die Mechanisten die Anschauung Comtes. Jede Hypothese ist auszuschließen, bei der eine ihrer Konsequenzen durch die Erfahrung entkräftet wird oder die nicht selbst durch die Erfahrung verifizierbar ist. Ist die Hypothese nicht in ihrer Ganzheit unmittelbar verifizierbar, so muß sie es

in einer ihrer Konsequenzen sein. Die nächste Aufgabe des Physikers, der eine Hypothese aufstellt, ist es, nach den experimentellen Mitteln zu ihrer Bewährung zu suchen. Gestattet der gegenwärtige Stand der Erkenntnis und der Mittel zur Beeinflussung der physischen Vorgänge nicht, die Möglichkeit eines empirischen Verifikationsverfahrens zu ersehen, so muß der Physiker entweder seine Hypothese aufgeben oder eine ihrer Konsequenzen suchen, die nur dann verifizierbar ist, wenn die an sich unverifizierbare Hypothese richtig ist. Die Erfahrung, welche diese Konsequenz verifiziert, gewährt in gewissem Maße die Sicherheit, eine fortgeschrittenere Wissenschaft werde die Hypothese selbst verifizieren können. Jedenfalls bezeugt sie in hohem Grade die Plausibilität dieser Hypothese, denn es gilt als sicher, daß die verifizierte Konsequenz nur innerhalb der betreffenden Hypothese möglich ist.

2. Ob nun die Hypothese als Ganzes und unmittelbar verifizierbar ist, oder ob eine ihrer notwendigen Konsequenzen, die bei jeder anderen Hypothese unmöglich ist, verifizierbar ist und so durch ihre Rückwirkung die Verifizierbarkeit der Hypothese verbürgt, jedenfalls läßt sich ein Experiment anstellen, welches über die Annahme oder Verwerfung der Hypothese entscheidet. Dieses Experiment heißt seit Bacon ein „experimentum crucis".

Das Bestehen eines experimentum crucis oder doch die Möglichkeit, ein solches auf physikalischem Gebiete vorauszusehen, ist für den Mechanismus eminent charakteristisch. Denn es bezeugt dies, daß Theorie und Erfahrung nicht ohne einander existieren, daß sie in notwendiger, analytischer Beziehung zueinander stehen. Die Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung stellt sich zunächst nicht als eine Tatsache dar, sondern der Anspruch besteht, daß die Theorie der Erfahrung entspringt und zu ihr zurückkehrt und daß eine bestimmte Erfahrung eine bestimmte Theorie, und umgekehrt, im Gefolge hat. Es ist dies ein Merkmal, das in der Natur der Dinge liegt, d. h. in der Natur der Erscheinungen und in der der Wissenschaft. Die Theorie stellt die objektive Erfahrung dar, und zwar in eindeutig bestimmter Weise. In der vollendeten Wissenschaft muß das Ganze der Erfahrung durch eine einzige Theorie dargestellt sein.

3. Die Frage nach dem Beweise der Objektivität der Physik tritt hier gar nicht auf. Die Objektivität der Physik ist der Ausgangspunkt, das notwendige Postulat. Es bedarf nur des leisesten Zweifels daran, der geringsten Unsicherheit, der kleinsten Kontingenz, und man tritt aus dem Mechanismus heraus. Für den Mechanismus ist die Physik objektiv oder sie besteht überhaupt nicht. Oder vielmehr — da es sich um die als vollendete, dank der Erfahrung aller unrichtigen Hypothesen entkleidete und in eine allgemein verifizierte Physik handelt — die Physik wird objektiv oder gar nicht sein.

Wir sehen uns hier weit von den Umschweifen, welche die anderen Auffassungen der Physik machen mußten, um dieselbe Objektivität setzen zu können.

II. Die Prinzipien der Physik.

4. Der Mechanismus ist also ein Gegner aller Generalisation, die nur dem reinen Denken entstammt. Jede Verallgemeinerung muß unter dem direkten und im gewissen Maße auch notwendigen Antrieb seitens der Erfahrung erfolgen. Es darf verallgemeinert werden, wenn die Erfahrung es nicht anders zuläßt, wenn die Natur fast für uns selbst generalisiert. Eine gute Verallgemeinerung, die mehr ist als eine gefährliche Fiktion der Phantasie, ist die natürliche Erweiterung der variierten Erfahrung selbst.

Wenn die bisher betrachteten Theorien von Generalisation sprachen, so meinten sie rein gedankliche Erweiterung und Modifikation, Abstraktion, Berichtigung, Verbesserung.[1]) Müssen wir daran erinnern, daß alle Psychologen die Schöpferkraft des Geistes im Generalisieren betonen? Diese Schöpferkraft wurde von allen vorangegangenen Theorien angenommen, und die Philosophie der Gegenwart überbietet diese Theorien oft noch dahin, daß diese Kraft in den physikalischen Verallgemeinerungen sich schrankenlos betätigt. Dagegen wendet sich der Mechanismus, nicht, weil er die Schöpferkraft des Geistes und deren berech-

---

[1]) „So beschränkt man sich nicht auf die Verallgemeinerung der Erfahrung, man berichtigt sie“ (Poincaré, Science et hypothèse, S. 170).

tigten Gebrauch bei der Konzeption der Hypothesen und bei den Generalisationsversuchen leugnet, sondern, indem er bestreitet, daß dann, wenn die Hypothese verifiziert ist und die Generalisation in die Reihe der wissenschaftlichen Sätze eingetreten ist, noch die mindeste Willkür des Schaffens besteht. Das schöpferische Vermögen, das konventionelle Bestimmen des Geistes betätigt sich im Schmieden der wahren oder falschen Hypothesen, wobei auf eine sehr kleine Anzahl wahrer, viele falsche Hypothesen fallen. Aber diese Hypothesen haben in der Wissenschaft kein Heimatsrecht. Sie gehören zu den vorbereitenden Kunstgriffen der Methode, daher können sie künstlich sein. In der eigentlichen Physik hat das Künstliche in keiner Form, weder als Definition noch Ökonomieprinzip oder logische Konstruktion, einen Platz; es ist ein Gerüst, das zu verschwinden hat, sobald der Bau genug vorgeschritten ist, um ohne es stehen zu können. In dieser Konstruktion gibt es nicht einen Baustein, nicht einen Balken, der nicht der Erfahrung entnommen ist. Die Generalisation kann daher nur ein empirisch Gegebenes sein, das sich in einer mehr oder weniger umfassenden Gruppe von Vorgängen in gleicher Weise findet. Sie ist ein real Gegebenes, das sich in einer bestimmten Menge von Fällen wiederholt. Genauer gesprochen, gibt es keine Generalisation, keine Erweiterung einer Beziehung durch den Geist und Anpassung dieser Beziehung an neue Fälle, sondern es gibt eine Reihe gleichförmiger Beobachtungen, welche sich zusammenfügen, weil die Natur, wie die Erfahrung sie uns zeigt, aus identischen Elementen zusammengesetzt ist.

5. Diese Notwendigkeit, daß die wissenschaftliche Generalisation ein Abbild der Erfahrung und sonst nichts sein muß, ist so sehr der mechanistischen Denkweise gemäß, daß der Mechanismus kein Bedenken trägt, in allen Gebieten, wo die Physik über unzureichende Daten zur Konstruktion harmonischer Vorstellungen der Erscheinungen verfügt, einander widersprechende Hypothesen aufzustellen. Zuweilen hat man diese zum Vorwand genommen, um den Mechanismus zu kritisieren. Man sah nicht, daß dies eine unvermeidliche Folge seiner Grundvoraussetzungen war, und daß die völlige Objektivität, die er anstrebt, und die er mit der Zeit und mittelst ununterbrochener Fortschritte

zu erreichen beansprucht, in keiner Weise dadurch beeinträchtigt wird. Es ist im Gegenteil ein Beweis für die Objektivität, genauer für die objektive Tendenz der Theorie. Sie läßt sich durch die Erfahrung und deren Analogien leiten und will keinen anderen Führer. Daher darf man nie aus einem logischen Bedürfnis die Ergebnisse spezieller Erfahrungen oder die Analogien einer Reihe von Erfahrungen korrigieren. Erscheinen uns diese Ergebnisse oder Analogien als im Widerspruche mit anderen Ergebnissen oder Analogien, so berechtigt dies noch nicht zur Erklärung, wir seien im Irrtum. Nichts beweist, daß die neuen oder fortgesetzten Erfahrungen den konstatierten Widerspruch nicht begründen und ihn im Sinne einer der gegensätzlichen Theorien oder einer dritten, welche den Widerspruch beseitigt, auflösen. Vorausgesetzt, daß die Regeln der experimentellen Methode gewissenhaft beobachtet worden sind, müssen wir die Ergebnisse der Erfahrung, auch wenn sie widerspruchsvoll erscheinen, annehmen. Wir dürfen nur schließen, nicht, daß wir uns geirrt haben, sondern, daß die Erfahrung unvollständig ist, und daß wir nicht die volle Wahrheit besitzen.

Der streng empirische Geist des Mechanismus bekundet sich auch in einer anderen Tendenz, die sich bei dessen Anhängern häufig findet: in dem Mißtrauen gegenüber dem rein begrifflichen Denken. Hier müssen wir an den bekannten Ausspruch Newtons: „Hypotheses non fingo" erinnern und ihn mit seiner Formel: „Physik, hüte dich vor der Metaphysik", zusammenhalten. In der Wissenschaft ist den Begriffen, die nicht in der Erfahrung eine Stütze haben, kein Zutritt zu gewähren. Die Erfahrung ist dahin zu handhaben, daß sie uns das Objekt darstellt, wie das Bild im photographischen Bade zum Vorschein kommt. Der Geist hat nur die eine Rolle: die Reflexion, ohne Modifikation und Zusatz.

Aus dieser Analyse geht hervor, daß die Grundprinzipien der Wissenschaft Naturgesetze sind, die als solche aus der Erfahrung gewonnen sind, nicht ohne Geistesarbeit, nicht ohne vorläufige Hypothesen, wohl aber ohne modifizierende Tätigkeit, ohne permanente Hypothesen. Sie sind von ähnlicher Beschaffenheit wie die empirischen Gesetze überhaupt. Sie unterscheiden sich von ihnen nur dadurch, daß sie auf die gesamte

Physik sich erstrecken, oder daß die Betrachtung eines physischen Vorgangs stets zur Berufung auf eines von ihnen nötigt. Sie sind nichts als die umfassendsten Verallgemeinerungen, welche die Wissenschaft konstituieren. Das Prinzip ist, wie das empirische Gesetz, der Ausdruck einer Tatsache, die sich in einer ganzen Gruppe wiederholt; die Erfahrung, welche zu seiner Verallgemeinerung führt, setzt ihm auch seine Grenzen und sogar seine Modifikationen, indem sie präziser, adäquater oder vollständiger wird. Die Mechanik Newtons beruht im Geiste ihres Urhebers auf einem Prinzip dieser Art, und sie ist ein Beispiel für das, was der Mechanismus unter wissenschaftlicher Erklärung versteht. „Sagt man, jede Art von Dingen sei mit einer verborgenen Qualität behaftet, vermöge deren es wirkt und wahrnehmbare Resultate erzielt, so hat man damit gar nichts gesagt. Würde man aber zwei oder drei allgemeine Bewegungsprinzipien auf Grund der Phänomene formulieren und dann zeigen, wie die Eigenschaften und Wirkungen aller Körper aus diesen offenbaren Prinzipien erfließen, so würde man damit einen großen Fortschritt in der Philosophie (d. h. in der Physik) begehen, auch wenn die Ursachen dieser Prinzipien noch nicht aufgefunden wären."[1]) Und in seiner ersten „regula philosophandi" erklärt er deutlich, jedes Prinzip müsse eine „vera causa" sein oder aus einer solchen folgen; aus einer wahren Ursache — d. h. aus einem wirklichen Geschehen, aus einem empirisch Gegebenen, aus einem Naturvorgang, nicht aber aus einem gedanklichen Gebilde, einer willkürlich gesetzten Definition. Bevor nicht die Erfahrung die wahre Ursache vollkommen dargetan hat und das Prinzip nichts weiter als die unmittelbare Formulierung dieser Erfahrung ist, gibt es noch kein Prinzip, sondern nur eine, wie alle anderen Gesetze der Wissenschaft hypothetische Verallgemeinerung, eine revisionsfähige Generalisation. Zeigt uns im Gegenteil die Erfahrung eine konstante Beziehung, so müssen wir sie, auch wenn wir nicht deren letzten Grund, deren Warum begreifen[2]), auch wenn diese Beziehung

---

[1]) Optik, S. 377.

[2]) Z. B. in dem Gesetz der universellen Anziehung, wie Newton es versteht.

unserem Denken fremdartig erscheint oder sie zu unseren sonstigen Denkgewohnheiten in Widerspruch steht, annehmen. Der Geist hat nicht eine intelligible Welt zu konstruieren, sondern nur die Welt, wie sie ist, zu erstellen.

Diese Anschauungen haben sich von Newton bis auf Berthelot nicht geändert. Wir finden bei dem modernen Chemiker wie bei dem Physiker am Ausgang des 17. Jahrhunderts jedesmal, wenn er vom wissenschaftlichen Geiste spricht, der nach ihm das physikalisch-chemische Gebiet beherrschen soll, diesen tiefen Wirklichkeitssinn, von dem jeder wissenschaftlicher Satz untrennbar ist.

„Die positive Wissenschaft geht so vor, daß sie Tatsachen erstellt und sie durch direkte Relationen miteinander verknüpft. Die Kette dieser Relationen, welche infolge der Bemühungen des menschlichen Intellekts täglich sich erweitert, konstituiert die positive Wissenschaft. Es ist leicht, in einigen Beispielen zu zeigen, wie die Wissenschaft, indem sie von den gewöhnlichsten Tatsachen ausgeht, von jenen, welche den Gegenstand der täglichen Beobachtung bilden, sich durch eine Reihe beständig beantworteter und beständig neu auftauchender Fragen nach dem Warum der Dinge bis zu den allgemeinen Begriffen erhebt, welche die gemeinsame Erklärung einer unzählichen Menge von Phänomenen bedeuten.“[1])

„Zur Erreichung solcher Resultate, zur Verknüpfung einer solchen Menge von Phänomenen durch das Band eines einzigen allgemeinen Gesetzes, welches der Natur der Dinge konform ist, hat der menschliche Geist eine einfache unabänderliche Methode befolgt. Er hat die Tatsachen durch Beobachtung und Erfahrung festgestellt, sie miteinander verglichen, er hat aus ihnen Relationen, d. h. allgemeinere Tatsachen gewonnen, welche ihrerseits wieder — und dies ist die einzige Bürgschaft für ihre Wahrheit — durch die Beobachtung ihrer Erfahrung verifiziert wurden. So führt eine progressive Verallgemeinerung, welche aus früheren Tatsachen sich herleitet und durch neue Beobachtungen beständig verifiziert wird, unsere Erkenntnis von den gewöhnlichen und speziellen Erscheinungen bis zu den abstraktesten und um-

[1]) Brief an Renan, in Renans „Dialogues philosophiques“, 3. éd. 1856.



fassendsten Naturgesetzen. Bei der Konstruktion dieser Wissenschaftspyramide ruhen alle Schichten, von der Basis bis zur Spitze, auf der Beobachtung und Erfahrung. Es ist eines der Prinzipien der positiven Wissenschaft, daß keine Realität durch reines Denken zu erstellen ist. Die Welt läßt sich nicht erraten. Wann immer wir über ein Seiendes räsonnieren, müssen die Prämissen aus der Erfahrung, nicht aus unserem reinen Denken kommen, und es ist ferner die Folgerung aus solchen Prämissen nur wahrscheinlich, niemals sicher, wenn sie mittelst einer der Wirklichkeit gemäßen, direkten Beobachtung gefunden wurde."

„Dies ist das feste Prinzip, auf dem alle neuere Wissenschaft beruht, dies der Ursprung aller ihrer wahren Weiterentwicklung, der Leitfaden durch alle ihre Entdeckungen, die auf allen Gebieten menschlicher Erkenntnis seit Beginn des 17. Jahrhunderts so schnell angewachsen sind."[1])

Es ist klar: alle empirischen Entdeckungen organisieren sich zu einem wohlgefügten System, zu einem hierarchischen Körper, dessen verschiedene Unterordnungsgrade durch das Experiment streng bestimmt sind. Sicherlich kommen Irrtümer vor, es kann, wie in einer Verwaltung, der Wert der Funktionäre ihrer Subordinationsordnung nicht entsprechen. Aber früher oder später wird die Erfahrung diese Irrtümer berichtigen, sie stören nicht die schöne theoretische Ordnung der Wissenschaft.

Die theoretische Physik (d. h. die großen Theorien, deren jede eine erhebliche Anzahl von Erscheinungen erklärt) ist nichts anderes als die Vereinigung der entferntesten Ursachen und dadurch der umfassendsten Relationen, zu welchen wir durch die Erfahrung gelangen. So sagt Berthelot: „Physik und Chemie führen auf die Mechanik zurück, nicht vermöge dunkler und ungewisser Aperçus, nicht vermittelst apriorischer Schlüsse, sondern mittels unanfechtbarer Begriffe, die stets auf Beobachtung und Erfahrung sich gründen und welche durch eine unmittelbare Untersuchung aus den wechselseitigen Umsetzungen der Naturkräfte deren fundamentale Identität herzustellen suchen."[2])

Die Wissenschaft stellt eine geräumige Pyramide dar; die

---

[1]) A. a. O. S. 203.
[2]) A. a. O. S. 203.

Einzeltatsachen sind ihre Basis, die Theorien ihre Spitze und das ganze Material dieser Pyramide ist stetig und homogen. Ein Punkt in ihr unterscheidet sich von den anderen nur durch seine Höhe, seine hierarchische Lage. Das Gesetz aber, das er symbolisiert, ist mit den durch alle anderen Punkte dargestellten Gesetzen identisch.

6. Wenn aber das Prinzip der Erfahrung entstammt, ist man dann nicht berechtigt, daraus zu folgern, daß es niemals gesichert ist? Die Wendungen sind wohl bekannt, welche im Skeptizismus die unaufhörliche Frucht des Empirismus erblicken. Und hat man nicht in diesem unauflöslichen Zusammenhange der Theorie mit der Erfahrung selbst die Wurzel aller Argumente des Skeptizismus betreffs der Objektivität der zeitgenössischen Physik?

Der Mechanismus könnte sich zunächst dahin verteidigen, daß er sagt, dieser Skeptizismus gehe vielmehr so weit, daß er den empirischen Charakter der Physik leugnet, wenn er das Paradoxon aufs Äußerste treibt. Es ist also nicht der Empirismus, der den Skeptizismus historisch zeitigt, sondern dieser tritt geradezu gegen jenen auf. Er beruht auf den Lehren der freien Schöpferkraft des Geistes in der Wissenschaft, und gegen diese Lehre protestiert der Mechanismus beständig.

Nichtsdestoweniger bleibt es richtig, daß die Erfahrung stets revisionsfähig ist und daß der Mechanismus eine neue Metaphysik und Scholastik einführen würde, wenn er nicht an die Spitze seiner Theorien die Notwendigkeit unbegrenzter und stetiger Kritik der Folgerungen aus der Erfahrung setzen würde. So zaudert Hertz nicht, zu erklären, es werde nach der Meinung vieler Physiker undenkbar scheinen, daß die entfernteste Erfahrung jemals an den unerschütterlichen Prinzipien der Wissenschaft das Geringste ändern könne, und doch kann alles, was aus der Erfahrung stammt, stets durch die Erfahrung berichtigt werden.[1]) Auf Grund einiger Bemerkungen von Vertretern der Mechanik, Physik und Chemie bleibt der Einwand aufrecht. Gewiß erscheint er übertrieben, aber er scheint doch zu bedeuten, daß der Mechanismus unfähig ist, die Objektivität der theore-

[1]) Poincaré, Science et hypothèse, S. 127.

tischen Physik zu begründen, indem er das System bleibt, welches beansprucht, diese Objektivität aller Kritik zu entziehen. Die Erfahrung, welcher der Mechanismus entspringt, zerstört ihn durch eine Art Rückstoß.

Wir dürfen jedoch nicht vergessen, daß es keine künstlichere und trügerische kritische Methode gibt als jene, welche sich darauf beschränkt, aus einem systematischen Ganzen eine Behauptung herauszugreifen und sie nach ihrer Abtrennung vom Übrigen für sich allein zu prüfen. Um die Tragweite des Einwandes recht zu verstehen, muß man sich klar vergegenwärtigen, was die Erfahrung für den Mechanisten bedeutet.

Die Erfahrung besteht nicht aus isolierten Erscheinungen, welche unsere Gesetze in mehr oder minder willkürlicher Weise miteinander verknüpfen, sondern das Gesetz ist ebenso real wie die Erscheinung und das Prinzip, das nichts anderes ist als ein sehr allgemeines Gesetz. Die Verbindung ist von den empirischen Daten, die sie verknüpft, nicht unabhängig, sondern in ihnen eingeschlossen, sie ist ein empirisch Gegebenes. Das Gesetz ist den Tatsachen immanent, nicht transzendent. Es wird nun sehr schwierig und sogar logisch unmöglich, zu glauben, daß analoge empirische Daten nicht dasselbe Gesetz zulassen, nicht dasselbe Prinzip verifizieren können. Sie wären dann nicht mehr analog, denn ein integrierender Teil derselben würde sich nicht wiederholen. Die neue Erfahrung steht nicht im Widerspruch zur alten; sie zeigt nur, entweder daß die alte Erfahrung schlecht angestellt war, oder daß etwas Neues erfahren wird, das mit dem Alten nichts zu tun hat. Kurz, ein Irrtum kann hier vorkommen, nicht aber ein Gegensatz einer Erfahrung zu einer anderen bezüglich desselben Phänomens, desselben Gesetzes, desselben Prinzips.

7. Was eine Beantwortung des besprochenen Einwandes ermöglichte, ist im Grunde die Bemerkung, daß der Mechanismus die Erfahrung nicht im unbestimmten, vagen Sinne, sondern in bestimmter Weise und im Einklang mit einer einheitlichen Weltanschauung versteht. Die Einheit der Natur gibt der Erfahrung eine logische Festigkeit, denn infolge jener wird sich eine bestimmte Erfahrung nicht wiederholen — und dann liegt kein Anlaß zu einer wissenschaftlichen Verallgemeinerung vor — oder

sie wird sich in gleicher Weise wiederholen, und dann wird das Gesetz seine Bestätigung finden. Das Gesetz ist nur die Wiederholung einer und derselben Erfahrung und eben dadurch nicht eine äußerliche Verknüpfung der Phänomene, sondern ein real Gegebenes, ein direkter Erfahrungsgegenstand; es ist den Phänomenen immanent und ist von ihnen unabtrennbar.

Oft ist das Gesetz die Manifestation eines statistischen Durchschnitts, der unterhalb der oberflächlichen Differenzen, welche von der ungeheuren Kompliziertheit der Natur herrühren, sich in einer ganzen Reihe von Erscheinungen in identischer Weise wiederfindet.[1]) Die Existenzmöglichkeit solcher Durchschnitte, die durch die Erfahrung bewährt sind — dies ist es, was mitten in der unendlichen Menge von Komplikationen die Einheit der Natur konstituiert.

Die mechanistische Einheit der Natur ist, wie wir sehen, nicht eine harmonische, teleologische Einheit, sondern eine Einheit der Zusammensetzung.

8. Ebenso anerkennt der Mechanismus durchaus, daß in der mechanistischen Synthese durch eine Reihe bedeutsamer Reformen ein stetiger Fortschritt erfolgt. Die Mechanik Descartes' und Huyghens ist eine andere als die von Leibniz, dessen Mechanik wiederum ist von der Newtons und Lagranges verschieden, die Mechanik von Reech, Hertz oder Kirchhoff ist gewiß nicht die Mechanik der Zukunft. Aber die Mechanik Leibnizens und Newtons ist eine Fortsetzung der Mechanik Descartes und Huyghens und verfährt in gleicher Weise, mit den gleichen Tendenzen, der gleichen Methode, dem gleichen Ziele; so auch die heutige Mechanik im Verhältnis zu der des 18. Jahrhunderts und so gewiß auch die künftige Mechanik. Und wie haben diese Fortschritte sich vollzogen? Durch die Erfordernisse der physikalischen Erfahrung besonders, die mit jedem Tage das Gebiet der Mechanik mehr erweiterten, indem sie es zugleich entsprechend modifizierten. Der Mechanismus ist eine Ausdehnung der Mechanik auf die Physik, aber es ist so, als ob auch auf dem Gebiete der Wissenschaft das Prinzip der Wir-

[1]) J. Perrin, La Discontinuité de la matière, Revue du Mois, März 1906, S. 323.



kung und Gegenwirkung gelte, denn die Physik wirkt wieder auf die Mechanik zurück; die Einheit der Natur bedingt dies. Die Physik bleibt eine Ausdehnung der Mechanik, aber deshalb ist sie nicht etwa in der Mechanik absorbiert und aufgegangen, sondern sie setzt sie fort und entwickelt sich wie sie und mit ihr.[1])

9. Eine spätere Erfahrung kann uns wohl ein neues Element oder eine neue Eigenschaft dartun, zur Hinzufügung eines neuen Prinzips nötigen, wie dies in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bei der Thermodynamik der Fall war, ja sogar aus einem bislang als fundamental betrachteten Prinzip ein bloß sekundäres, abgeleitetes Prinzip (z. B. das Trägheitsprinzip in den neuen Ausdehnungen der Elektronentheorie) machen. Aber sie wird die einmal aufgestellten Prinzipien in deren Anwendungsbereich, wie ihn die Erfahrung bestimmt hat, d. h. in ihrer wahren Tragweite und Beschaffenheit intakt lassen. Der Mechanismus wird dann zwar vervollständigt, aber nicht umgestoßen. Er kann es nicht werden, wofern nicht die gesamte Erfahrung selbst umgestoßen wird — eine Hypothese, die so unsinnig ist, daß nichts, auch nicht unsere Logik ihr begegnen kann.

10. Der Mechanismus geht aber noch weiter und zeigt, daß diese objektive Grundlage nicht bloß fest, sondern auch unerschütterlich ist. Und er bemüht sich, ohne seine Voraussetzungen zu verlassen, ohne zu Bedingungen der Denkbarkeit seine Zuflucht zu nehmen, welche die Erfahrungen überschreiten, den aus der Erfahrung stammenden Prinzipien den apodiktischen Charakter geometrischer Notwendigkeit zu geben, den die Philosophen in der Regel nur der apriorischen Anschauung oder Form zuerkennen. Die physikalischen Theorien sollen die sinnlichen Darstellungen der Dinge sein. Durch eine Anordnung der Sinnesdaten, welche auf Grund der Erfahrung als die elementaren, ursprünglichen Prinzipien der wissenschaftlichen Konstruktion fungieren, werden die Phänomene in allen ihren Besonderheiten nachgebildet und vorausgesehen. Dies ergibt ein Kriterium, vermöge dessen man jene unter den objektiven Daten erkennen kann, welche grundlegend sind. Durch Kombination derselben

---

[1]) Perrin, Traité de Chimie physique, I. Bd., Vorw. S. XI.

miteinander muß man, ohne Hinzufügung neuer Prinzipien, die physikalischen Phänomene und deren Geschichte nachbilden, oder, wenn man lieber will, alle die Möglichkeiten der Voraussicht, welche sie einschließen. Diese Nachbildung darf nicht eine logische, ideelle Konstruktion sein, sonst würden wir die Voraussetzungen des Mechanismus völlig aufgeben; sie muß vielmehr eine reale Konstruktion sein, eine reale Anordnung realer Elemente, eine empirisch darstellbare Ordnung empirisch darstellbarer Elemente. Alle Glieder dieser Konstruktion werden demnach bestimmte Erfahrungsfälle sein oder — da die Welt der physikalisch-chemischen Wissenschaften noch nicht vollkommen ist — sich bestimmte Fälle der Erfahrung unmittelbar zum Vorbild nehmen.

Wenn uns also einerseits die Erfahrung reale Elemente darbietet, mittelst deren wir allein die physikalischen Phänomene empirisch und real nachbilden können, ohne daß wir uns auf andere Prinzipien berufen müssen, und wenn uns andererseits die Analyse dieser Elemente stets zu wesensgleichen Elementen zurückführt, dann haben wir die definitive Gewißheit, daß uns die Erfahrung objektiven Prinzipien gegenübergestellt hat. Die Fortschritte der Physik können wohl bei den Phänomenen, die sich aus diesen Prinzipien noch nicht ableiten lassen, neue entdecken lassen, aber die alten sind fortan in ihrem Anwendungsbereich allem Zweifel entzogen.

Kurz, die objektiven Daten, die sich empirisch selbst genügen und die unerläßlichen und zureichenden Bedingungen der Erklärung einer Erscheinungsgruppe sind, sind dasjenige, worin die notwendigen Grundprinzipien einer physikalischen Theorie bestehen und woran sie zu erkennen sind.

11. Wir dürfen daher auch nicht verwundert sein, wenn wir in den mechanistischen Erörterungen Wendungen folgender Art finden: „Haben wir eine solche Vorstellung gewonnen, so sehen wir, daß wir nicht weiter gehen und zu einem anderen Erklärungsprinzip fortschreiten können.“ So z. B. bemerkt Maxwell:[1]) „Sind wir im Besitze des Begriffes der bewegten Materie . . ., so können wir nicht weiter gehen und nicht begreifen, daß irgendeine Vermehrung unserer Erkenntnis die Energie der Be-

[1]) Die Wärme, S. 386.

wegung zu erklären vermöchte." Diese Wendungen bedeuten keineswegs eine Rückkehr zu irgendwelcher Kartesianischer Anschauung, zu einer „einfachen Natur" oder zu einem apriorischen Verstandesbegriff. Sie sind nur empirische Feststellungen, und will man sie recht verstehen, so muß man sich alles begrifflichen Beiwerks entäußern. Wo der Ausdruck „Begriff" gebraucht wird, ist ihm eine sinnliche Bedeutung zu geben und ist er als empirische Vorstellung zu verstehen. Die Bewegung läßt sich in Bewegungen zerlegen, in nichts anderes also, als in sich selbst. Die Erfahrung zeigt uns hinter der Bewegung wieder nur Bewegung. Die Bewegung ist also ein ursprüngliches Datum. Die Bewegung, ihre Gesetze und die unmittelbaren Eigenschaften, die sie einschließt, ermöglichen also die Konstruktion einer physikalischen Theorie, und die Erfahrung ist es, die dazu direkt berechtigt.

Wir können sagen, die Erfahrung läßt sich in Beziehung zu den Grundprinzipien der Physik als eine sich selbst stetig verlängernde Linie vorstellen. Die Möglichkeit ihrer Verlängerung ist ebenso wie die, eine Gerade ins Unendliche zu ziehen, erwiesen, denn das Verfahren, vermöge dessen sie gezogen wird, läßt sich in identischer Weise ins Unendliche wiederholen. Wenn wir eine neue Erfahrung machen, so führt uns dies stets zur Verlängerung der Linie, zur Auffindung der Prinzipien. Wir sehen, der Mechanismus ist, wenigstens auf dem von ihm eingenommenen empirischen Boden, im Recht, wenn er sagt, daß die Prinzipien allem Zweifel entzogen seien. Man kann keine logische Begründung von ihm verlangen, denn sie wäre für ihn wertlos, da die Logik keinen Erkenntniswert besitzt.

Die mechanistische Physik erscheint somit von der Basis bis zur Spitze als eine empirische Weltanschauung und als nichts anderes. Läßt sie sich in bezug auf ihren Inhalt als eine Erweiterung der Mechanik bestimmen, so ist sie durch ihre Methode und ihre Prinzipien eine Fortsetzung der Erfahrung.

12. Ein guter Beleg für diese Methode, durch welchen die Prätensionen und das innerste Wesen der mechanistischen Theorie ins hellste Licht gerückt werden, findet sich in jenen Kapiteln der Maxwellschen Arbeit über „Die Wärme", in welchen die molekulare oder mechanische Theorie der Wärme aufgestellt wird.

Die Wärme ist eine Energieform; dies ist eine Erfahrungstatsache, denn die Wärme läßt sich durch einen Arbeitsaufwand erzeugen, und das Wort Wärme bezeichnet die Arbeitsmenge, die ein Körper zu leisten vermag, seine Arbeitskapazität. Die Erfahrung zeigt uns, wenn man einmal eine Wärme- und eine Arbeitseinheit gewählt hat, daß bei dieser Umsetzung für jede erzeugte Wärmeeinheit eine bestimmte Menge mechanischer Energie verschwindet, und zwar stets die gleiche, konstante; ebenso umgekehrt. Der Erfahrung gemäß ist demnach die Wärme eine Energieumsetzung.

Die Energie ist uns in zwei Formen bekannt, und dies ist eine zweite Erfahrungstatsache, denn jede Erfahrung zeigt uns die Körper in Bewegung oder in Ruhe. Im ersten Falle besitzt er infolge seiner Bewegung eine Energie, die er stets einem anderen Körper mitteilt, bevor er zur Ruhe kommt. Im zweiten Falle zeigt uns die Erfahrung, daß der Körper eine Energie besitzt, welche von seiner Lage gegenüber anderen Körpern abhängt. Als empirische Beispiele wählt Maxwell eine Turm- und eine Taschenuhr und zeigt, daß bevor die eine oder die andere zu gehen beginnt, die Existenz der in ihnen steckenden Arbeitsfähigkeit von keiner merklichen Bewegung begleitet ist; diese Fähigkeit besteht demnach in einem Körper oder in einem Körpersystem, dessen Teile insgesamt ruhen, und zwar durchaus der Erfahrung gemäß.

Da die Erfahrung gezeigt hat, daß die Wärme eine Art der Energie ist und daß es zwei Grundformen der Energie gibt, erhebt sich eine neue Frage: Ist die Wärme eine Form der potentiellen Energie? Die Beantwortung dieser Frage fällt wieder der Erfahrung anheim. Diese zeigt, daß wenigstens ein Teil der Energie des warmen Körpers Energie sein muß, welche aus der Bewegung seiner Teilchen herrührt, also kinetische Energie. Jeder warme Körper besitzt also eine gewisse Bewegung. Nun haben wir die Natur dieser Bewegung zu bestimmen, und hier läßt uns die Erfahrung im Stich. Aber vermöge empirischer Analogien, mittelst einer Hypothese, die sich den Verhältnissen der Wahrnehmung soweit als möglich zu nähern sucht, setzt Maxwell die Theorie der Wärme fort und vollendet sie dank einer Molekulartheorie des Stoffes.

Die Erfahrung[1]) selbst bildet den Ausgangspunkt des Allgemeinen und Ursprünglichen, des Komplizierten und Abgeleiteten. Sie nötigt uns, die Bewegung als die Form zu betrachten, in der wir uns die kinetische Energie vorzustellen haben. Wir können uns keine Wirkung, keine Arbeit ohne Bewegung vorstellen, und die Bewegung ist durch ein konstantes Gesetz an die Arbeitsfähigkeit gebunden; jedenfalls läßt sich die letztere auf jene zurückführen, und sie kann nur durch sie gemessen werden.

III. Die bildlichen Elemente.

13. In der mechanistischen Theorie ist der Zusammenhang der Experimental- mit der theoretischen Physik ein so vollkommener, als er nur überhaupt denkbar ist. Ja, beide Arten der Physik lassen sich hier nicht mehr recht unterscheiden; Erfahrung und Theorie durchdringen einander und werden schließlich eins. Eine Theorie muß danach streben, nichts als eine Reihe möglicher Erfahrungen zu sein. Die Grundprinzipien der Physik sind empirische Daten, welche zum Range von Grundprinzipien erhoben sind, weil sie sich in identischer und gleichförmiger Weise in der Erfahrung wiederholen.

Wir sehen, dieser so ersichtliche Charakter der mechanistischen Theorien, der zu ihrer provisorischen Definition und bei der vorläufigen Klassifikation der Theorien zu ihrer Entgegensetzung gegenüber den anderen Auffassungen der Physik gedient hat, ist nicht oberflächlicher Art. Diese Klassifikation hat einen größeren Wert als man es einer vorläufigen Klassifikation hätte zutrauen sollen. Diese Eigenschaft des Mechanismus, nicht bloß die Resultate der physikalischen Theorie oder die Gesetze, die in sie eingehen, sondern auch die Glieder, zwischen welchen diese Gesetze aufgestellt sind, als objektiv zu betrachten, ist der vollkommenste Ausdruck der Grundtendenz des Mechanismus.

Wir tun gut daran, sogleich einem Mißverständnis zu begegnen, welches die partielle oder vereinzelte Lektüre gewisser physikalischer Schriften veranlassen könnte.

So z. B. begnügt sich Maxwell in seiner Abhandlung über

[1]) Maxwell, Theorie der Wärme, S. 386—91.

die Elektrizität, zu zeigen, daß die elektromagnetischen Phänomene sich aus einem System von Differentialgleichungen herleiten, welche den sechs fundamentalen Gleichungen der Dynamik Lagranges nachgebildet sind. Er tut die Möglichkeit einer Erklärung dar, deren mathematische Struktur identisch ist mit jener, welche Lagrange betreffs der Dynamik gegeben, nichts weiter. Ebenso führt, nach ihm, Hertz die elektromagnetische Theorie des Lichtes auf ein System von sechs Differentialgleichungen zurück.

Entweder, möchte man da meinen, sind Maxwell und Hertz sowie ihre Schüler keine Mechanisten, oder aber der Mechanismus bedient sich nicht notwendig bildlicher Elemente.

Es ist aber leicht zu ersehen, daß Maxwell und Hertz nur aus einer Art Notbehelf so vorgehen, wie sie es tun; sie wollen bloß die Grundlage zu einer Theorie geben, welche infolge der gegenwärtigen Unzulänglichkeit der Physik notwendig abstrakt, vag, unbestimmt ist, sie entwerfen den allgemeinen Rahmen, innerhalb dessen die Theorie sich in dem Maße, als sie ihre Endform annimmt, zu bewegen hat. Sie wollen nur die Möglichkeit einer mechanischen Theorie dartun und überlassen die Mühe ihrer Konstruktion künftigen Entdeckungen. Die Tendenzen Maxwells besonders sind sehr klar: er hat wiederholt eine Theorie der Elektrizität versucht, indem er von anschaulich-materiellen Elementen ausging. Zu diesem Behufe stellte er ziemlich komplizierte Hypothesen auf, deren logische Klarheit zu wünschen übrig läßt und die nicht zu befriedigenden Resultaten führen. Er suchte sodann, durch sinnreiche Auswahl der Variabeln, welche die elektrischen Phänomene darstellen, die Grundgleichungen der elektrischen Theorie nach dem Muster der Grundgleichungen der Dynamik Lagranges zu gestalten, und er vermochte zu zeigen, daß jene Theorie sich analog dieser Dynamik formulieren läßt. Es ist demnach möglich, ausgehend von Daten, welche denen der Mechanik entsprechen, sich die elektrischen Phänomene vorzustellen. Die Arbeit Maxwells zeigt diese Möglichkeit, konnte aber nicht mehr leisten, und deswegen bleibt davon nichts als ein System von sechs Differentialgleichungen bestehen. Das heißt nicht etwa, nach Maxwell und Hertz könne man nicht eine mechanische Theorie der Elektrizität auf reale

Elemente gründen. Im Gegenteil, die Vorstellung der elektrischen Phänomene in einer Theorie, deren Form mit der allgemeinen Form der klassischen Mechanik identisch ist, zeigt diese Möglichkeit. Künftige Experimentatoren werden dazu gelangen. Der gegenwärtige Stand der Erkenntnis läßt in der Lösung des Problems eine große Unbestimmtheit zurück. Aber nichts weist darauf hin, daß diese Unbestimmtheit sich nicht verringern werde, vielmehr zeigt die gegenwärtige Lösung, daß sie in dem Maße abnehmen muß, als die Natur der Größen und der Elemente, welche in die Gleichungen eingehen, eine genauere Bestimmung erfahren wird.

Es bleibt also richtig, daß alle Physiker, die der mechanistischen Richtung angehören, der Meinung sind, daß die theoretische Physik auf der Annahme objektiv vorstellbarer Elemente beruht; dies ist ein wesentlicher Charakterzug der mechanistischen Richtung, der im Grunde aus der streng empirischen Auffassung dieser Richtung entspringt, aus welchem sie ein oberstes und absolutes Prinzip gemacht hat.

14. In den vorangehenden Deutungen der Physik wurde die Theorie als eine Modifikation der empirischen Gesetze betrachtet, welche das Denken bewußt einführt, um logische Bedürfnisse zu befriedigen. Der Geist fügte in jeder Weise der Erfahrung etwas hinzu. Auf der einen Seite bestand ein mehr oder weniger schwer erkennbarer Erfahrungsinhalt, auf der anderen ein nach Erkenntnis strebender Intellekt. Wirkung und Gegenwirkung zwischen dem Gegebenen und dem Intellekte, mit verschiedenem Anteil des Wirkens der beiden Faktoren je nach den Theorien — darauf führten schließlich die Konstruktionen der mathematischen Physik zurück.[1])

[1]) Der alte metaphysische Gegensatz zwischen Subjekt und Objekt taucht hier wieder auf. Das Subjekt hat seine besonderen Bedürfnisse, deren Gesamtheit die Bedingungen der Denkbarkeit ausmacht. Das Objekt hat seine besonderen Merkmale, welche in der reinen Erfahrung zum Vorschein kommen; die Gesamtheit derselben konstituiert die Objektivität. Was den Denkbedingungen genügt, bildet das, was man das Rationale, das Intelligible, die Vernunft nennt. Dem Intelligiblen steht — oft gleichsam jenseits eines Abgrundes, unbekannt, geheimnisvoll, unerkennbar — alles das gegenüber, was als objektiv gilt, nämlich die wahrnehmbaren Eigenschaften, die unendlich verschiedenen Inhalte der

Das große Problem, welches überall zur Aufrechterhaltung der Objektivität der Physik zu lösen war, das Hindernis, das nur schwer und nicht ohne eine Besorgnis zurückzulassen überwunden wurde, bestand in der Wiedervereinigung beider Enden der Kette, die man zerbrochen hatte.

Der Mechanismus kennt dieses Vorurteil nicht. Für ihn

Wahrnehmung. Die Wissenschaft hat die Aufgabe, die beiden Seiten des Abgrundes durch eine Brücke zu verbinden; Mechanik und theoretische Physik lassen sich als Brückenbogen vorstellen, der an das Ufer des Rationalen und Intelligiblen stößt. Aber die Brücke ist nicht immer solid, und man hat sie auf Grund der Analyse der Erkenntnis in zwei unzusammenhängende Teile zerbrochen. Die theoretische Physik stellt nur das Intelligible dar; sie bewegt sich ausschließlich im Rationalen, worunter wir eine Konstruktion aus reinen, abstrakten Begriffen verstehen. Infolge einer merkwürdigen Umkehrung haben die Kritiken des Mechanismus jeder Art, besonders die der Energetik oft dieselben Ausdrücke wie der Aristotelismus angewendet und deren Sinn geradezu ins Gegenteil verkehrt. Die Philosophie der modernen Wissenschaften ist oft dahin gelangt, aus dem Intelligiblen und Rationalen das Willkürliche und Subjektive zu machen. Nun ist es unbestreitbar, daß die wissenschaftliche Reform der Renaissance, der Punkt, in dem Bacon und Descartes, die Rationalisten wie die Empiristen auf dem Boden des wissenschaftlichen Denkens übereinkommen, der ist: Die Erfahrung darf der Vernunft nicht entgegengestellt werden. Das Objekt ist rational bis in seine kleinsten Teilchen. Die Theorie der Materie der physischen Welt bei Descartes zeigt diese Tendenz aufs klarste. Ebenso auch die Theorie der Erfahrung dieses Philosophen, die zu wenig beachtet wird. Die Erfahrung geht der begrifflichen Theorie voran und vollendet sich im Rationalen. Auf diese Weise kommt die Vernunft zu ihrem Besitz und ihrer legitimen Gewalt. Die Erfahrung ist ein unentbehrliches Hilfsmittel für die rationale Methode. Sie geht auf die Auffindung der Ursachen und Gesetze aus und muß daher vermehrt werden, und die „Abhandlung über die Methode" schließt mit einem energischen Appell an die öffentliche Freigebigkeit behufs Anstellung von Experimenten. Für Leibniz ist das Wesen bis in seine kleinsten Teilchen noch eine Maschine, d. h. intelligibel, rational. Für Newton ist die Erfahrung die verkörperte Vernunft, die Vernunft die begrifflich formulierte Erfahrung.

Gehen wir nun von den Rationalisten zu den Empiristen über, so finden wir diesbezüglich nur eine graduelle Differenz, wenn hier überhaupt eine Differenz besteht. Die Erfahrung ist eine notwendige Verknüpfung von Ursachen und Wirkungen, und diese Ursachen und Wirkungen sind mechanische Elemente. Bei Hobbes, bei den englischen Empiristen gilt dasselbe. Zwischen dem Intelligiblen und der Erfahrung besteht keine Kluft. Das Intelligible ist nur ein Auszug aus der Er-

existiert das Problem nicht, denn er hat die Tradition der Renaissance und das Denken Galileis, Descartes', Bacons und Hobbes rein bewahrt.

Als feste Unterlage für seine Konstruktion nimmt der Mechanismus die tiefe Einheit des Intelligiblen und der Erfahrung, des Denkbaren und des Anschaulichen, des Rationalen und des

---

fahrung; die Abstraktion verändert sie nicht, präzisiert nur deren Formulierung.

Geht man also, wie die Kartesianer, von der Vernunft aus, so findet man sie ganz rein in der Erfahrung wieder, denn diese ist für die Vernunft durchsichtig; nimmt man die Erfahrung zum Ausgangspunkt, wie dies die Empiristen tun, so findet man die Vernunft, denn diese ist notwendig ein Abklatsch der Erfahrung. Vernunft und Erfahrung können nicht die eine objektiv, die andere subjektiv sein, wie bei den Sokratikern, oder umgekehrt, wie bei den Erneuerern der Terminologie; sie müssen das gleiche Schicksal haben, da sie in Wahrheit nur eines sind.

Das Subjektive ist für den modernen Geist, sowie er in der Renaissance seiner selbst bewußt wird, die durch das Denken willkürlich ausgeführte Abstraktion, jene ständige Arbeit der trotz alle Vorsicht und Warnung zügellosen Phantasie. Es ist das Verworrene oder Äquivoke, das schlecht Beobachtete oder unlogisch Erschlossene, das, was nur einen wesentlichen Grund hat und nur aus einem beschränkten Gesichtswinkel so erscheint. Es ist der Irrtum in allen seinen Formen, es ist das unkontrollierte individuelle Gefühl. Das Objektive hingegen ist das, was auf Grund der Erfahrung oder des logischen Verfahrens, das eine durch das andere erhärtend und sich in ihm fortsetzend, vollendend, allgemein, klar und deutlich ist. Das Objektive ist zugleich anschaulich vorstellbar und denkbar. Das Intelligible kann nicht unvorstellbar, das Vorgestellte nicht unintelligibel sein.

Diese Tendenz kommt in den Anschauungen scharf zum Ausdruck, welche Descartes zu seinen Untersuchungen über die analytische Geometrie führten. Diese Tendenz geht dahin: der Inhalt der Vorstellung wird sich stets durch eine rationale Theorie formulieren lassen. Eine rationale Theorie kann nur in Beziehung zum Vorstellungsinhalte existieren. Wenn Descartes die Existenz der Materie behauptet, so geschieht das, weil er dartun will, daß die geometrische Vorstellung nicht eine Schöpfung des Geistes, sondern eine Realität ist — er ist kein Idealist — und diese Realität hat, nach den Ausdrücken, mit denen er sie setzt und definiert, die Eigenschaft der Rationalität und Intelligibilität. Zwischen der exakten Vorstellung und der Logik, zwischen dem Realen und dem Rationalen darf es keine Antinomie geben.

Durch Kombination der Analyse der Alten und der Algebra der Neueren begründet Descartes die analytische Geometrie; aber die Analyse der Alten ist die Geometrie völlig befreit von der

Wahrnehmbaren. Und diesen Boden hat er nicht verlassen; er hat ihn stets angebaut und sich bemüht, kein Brachfeld stehen zu lassen. Gelangt er zu gegensätzlichen Hypothesen, so nur deshalb, weil er aufbaut, ohne zu vollenden. Er weiß es, er rechnet zur Behebung des Widerspruches auf die künftige Erfahrung, denn da die Logik nur der Ausdruck des Realen ist,

---

„Betrachtung der Figuren", d. h. des Raumes, der nach Descartes den Stoff der Vorstellung selbst bildet. Die Algebra der Neueren ist die lange Kette ganz einfacher und leichter Gründe, welche durch ihre „Evidenz" und „Gewißheit" den Geist befriedigt. Das Vorstellbare und das Intelligible sind hier also synthetisch vereinigt, durch die analytische Geometrie auf eine absolute, fruchtbare Einheit zurückgeführt. Die von Descartes vorgeschlagene Methode ist keine andere, als eine, dieser ersten Anwendung gemäße Ausdehnung desselben Prinzips: Zurückführung des Vorstellbaren auf das Intelligible, und zwar, weil beide, das Reale und das Denken, Erfahrung und Rationalität, wie man heute sagen würde, einander gegenseitig einschließen. Welches Ende man auch ergreift, man ist sicher, die Kette verfolgen zu können, und die Methode besteht darin, daß man sie nach beiden Richtungen durchlaufen kann, indem man das Vorstellbare analysiert, um durch den Regreß von den Wirkungen zu den Ursachen, zu den einfachen Eigenschaften zu gelangen, oder indem man die Gründe der Dinge in eine rationale Synthese bringt, um die Dinge selbst in allen ihren Folgen zu finden. Es handelt sich, wohlverstanden, um die Dinge, die Gegenstände, wie Descartes sie versteht; was immer wir über diese Anschauung denken mögen, jedenfalls will Descartes in seinem „Traité du monde et de la lumière" sowie in seiner „Dioptrik" und in seinen „Prinzipien" sich nur mit Hilfe anschaulicher Elemente ein klares und deutliches Weltbild machen. Er unterscheidet nicht zwischen Vorstellbar und Intelligibel. Mutatis mutandis gilt das Gleiche von den mehr empiristischen Denkern Bacon oder Hobbes. Sie gehen vom anderen Ende der Kette aus — abgesehen davon, daß man den Kartesianischen Apriorismus in der Physik sehr übertrieben hat. Bei den Empiristen löst sich die Vorstellung in intelligible und rationale Ausdrücke auf, wie bei den Kartesianern das Rationale und Intelligible auf das Gebiet der Vorstellungen stoßen. Für beide Richtungen stellt sich das Intelligible in klarer Anschauung dar, und die Figuren und Formen sind stets intelligibel.

Wir sind hier weit entfernt von der Stellungnahme der Kritiker, die sich in der Gegenwart mit der Objektivität der Physik befaßt haben. Die idealistische Philosophie des 19. Jahrhunderts hat das Band zwischen dem Anschaulichen und dem Intelligiblen zerrissen. Und es ist kein bloßer historischer Zufall, daß die Skeptiker bezüglich der Physik namentlich unter jenen sich finden, welche von dieser idealistischen Philosophie erfüllt sind und gleichsam deren äußersten Flügel darstellen.

so ist das Reale notwendig logisch. Nie wird ein Mechanist sagen, die physikalischen Prinzipien seien zuerst absurde, widerspruchsvolle, denkwidrige Sätze gewesen, wie dies oft bei antimechanistischen Philosophen zu lesen ist. Vielmehr wird er stets erklären, daß der Widerspruch nur ein scheinbarer und oberflächlicher sei. Die Vernunft erfordert das Prinzip und widersetzt sich früheren Konstruktionen, und dieses Prinzip wird in dem Maße, als die Erfahrung es setzt und formuliert, evident.

Weil die Prinzipien aus der Erfahrung entspringen, die nur in einer Reihe anschaulicher Glieder zum Ausdruck kommt, so können und müssen sie nur Beziehungen zwischen Elementen sein, welche dem Gebiete des Anschaulichen entnommen sind, objektive, bildliche Elemente.[1]) Der Mechanismus wird jede rein begriffliche Konstruktion vermeiden. Im Gegensatz zur Scholastik will er nichts von einem Begriffsspiel oder von einem Spiel mit allgemeinen Symbolen wissen, die zwar praktischer, aber auch abstrakter und irrealer sind als die Kettenschlüsse der Scholastik. In dieser Hinsicht ist der Mechanismus eine Illustration für die Theorien der modernen Psychologie, welche eine innige Verbindung zwischen Vorstellungsbild und Begriff herstellt, und der moderne Mechanismus tritt so nicht bloß durch sein „Organon", seine Tendenzen und seinen Ausgangspunkt, sondern auch durch die von ihm vorausgesetzte Erkenntnispsychologie zur Scholastik in Gegensatz.

15. Worin die bildlichen Elemente, die der Mechanismus zur Grundlage der theoretischen Physik macht, wesentlich bestehen, ist bekannt. Der Name „Mechanismus" rührt ja daher. Es sind Elemente, die schon die Mechanik sowie die von ihr vorausgesetzten Wissenschaften, die Zahlenlehre und die Geometrie, studiert haben: homogene Räume und Zeiten, Lagenwechsel, Kräfte, Geschwindigkeit, Beschleunigungen, Massen — dies sind die Formen, die Vorstellungen, mittelst deren das physische Universum intelligibel gemacht werden soll. Warum die Physik seit drei Jahrhunderten immer wieder zu denselben Elementen und zu keinen anderen gelangt, haben wir gesehen. Nicht etwa, weil sie sich vermöge ihrer Einfachheit, Klarheit und

[1]) W. Thomson, Revue générale des Sciences, 1903, S. 258.

Bequemlichkeit besser dazu eignen, vom Intellekt erfaßt und in die Kette der Theorien eingefügt zu werden; diese Gründe der Auslese, die der Mechanismus ebenso gut und oft noch besser als die übrigen Auffassungen der theoretischen Physik vorbringen könnte, würden ihm nicht als zureichend erscheinen. Er setzt nicht voraus, daß die Erkenntnis der Natur im Sinne der Befriedigung der Vernunft geleitet werden müsse; es gibt nur jene Erkenntnis, welche wir der Erfahrung verdanken. Also nur, weil die Erfahrung uns bisher diese Elemente dargeboten hat, weil jede Vorstellung oder Sinneswahrnehmung sich in ihre Elemente zerlegen und aus ihnen wieder aufbauen läßt, weil die Analyse und Synthese durch sie allein vorstellbar sind, haben wir das Recht und die Pflicht, sie als die Grundelemente der physikalischen Theorie zu setzen.

„Indem der menschliche Geist die Naturphänomene beobachtet, erkennt er neben vielen verworrenen Elementen, die er nicht zu entwirren vermag, ein klares Element, welches durch seine Bestimmtheit zum Gegenstand wahrhaft wissenschaftlicher Erkenntnisse werden kann. Es ist dies das geometrische Element, das sich auf die Lage der Körper im Raume bezieht und welches die Vorstellung, Zeichnung oder Konstruktion derselben in ideeller Weise ermöglicht. Es besteht in den Dimensionen und Formen der Körper oder Körpersysteme, in dem, was man kurz deren ‚Konfiguration' in einem gegebenen Zeitpunkte nennt. Diese Formen oder Konfigurationen, deren meßbare Teile Entfernungen oder Winkel sind, erhalten sich bald, wenigstens ungefähr, während einer gewissen Zeit und scheinen sich auch in denselben Teilen des Raumes zu erhalten, um das zu bilden, was man „Ruhe" nennt, bald verändern sie sich beständig, aber stetig, und ihr Ortswechsel ist das, was man die ‚Bewegung' im engeren Sinne des Wortes nennt."[1])

Gewiß ist die Physik noch nicht so weit, alles auf Figuren und Bewegungen zurückführen zu können; aber man kann daraus nicht schließen, sie werde es niemals vermögen. Der Mechanismus hat den Umstand für sich, daß der Fortschritt der Physik in allen ihren Zweigen sie bisher stets der Mechanik genähert

[1]) Boussinesq, Leçons synthétiques de mécanique générale, S. 1.

hat und daß alle Theorien, in dem Maße, als sie präziser werden und die Phänomene erklären, es nur von der Bewegung aus vermögen.

Es hieße aber, dem Mechanismus Unrecht tun, wollte man die theoretische Physik, wie er sie auffaßt, darauf beschränken, eine bloße Entwicklung der als endgültiges und unabänderliches Evangelium betrachteten klassischen Mechanik zu sein und nur auf den Elementen und Prinzipien der gegenwärtigen Mechanik zu basieren. Es ist hier ein Irrtum zu vermeiden, der häufig auftritt und der aus der mechanischen Theorie der physischen Welt nicht eine wissenschaftliche Theorie, sondern die beschränkteste Metaphysik macht.

16. Will der Mechanismus vor allem eine Konsequenz der Beobachtung und Erfahrung sein und gelangt er so zur Konstruktion der theoretischen Physik mit Hilfe nur von anschaulich gegebenen Elementen, so kann die theoretische Physik nicht mehr wie in den begrifflichen Theorien vom Allgemeinen zum Besonderen fortschreiten. Statt sich in jedem Zweige der Physik zu besondern, wird sich die Theorie vielmehr allmählich auf neue Fälle erstrecken, indem sie dieselben auf ältere zurückführt und indem sie die ursprünglichen Tatsachen hinterdrein verallgemeinert. Dies ergibt eine neue, höchst bedeutsame Differenz zwischen dem Mechanismus und den anderen Formen der theoretischen Physik, einen Unterschied, den man meines Wissens bislang wenig beachtet hat. Und doch ist er ein wesentliches Merkmal des Mechanismus, ebenso wie die streng empirische Natur der Prinzipien und die notwendige Vorstellbarkeit der Elemente. Er bildet übrigens mit diesen letzteren Merkmalen ein einziges Ganzes, alle drei sind unauflöslich miteinander verknüpft.[1])

---

[1]) Es ist zu bemerken, daß die Ausdrücke: besonders und allgemein, Fortgang vom Besondern zum Allgemeinen oder umgekehrt bei den Begründern der mechanistischen Tradition kaum zu finden sind. Das Wort „allgemein" bezeichnete eine Ware, welche die letzten Vertreter der Scholastik zu sehr verfälscht hatten, als daß sie nicht eine unüberwindliche Abneigung einflößen mußte. Alle Mechanisten waren Nominalisten, für sie besaß das Allgemeine keine Sonderexistenz. Denken wir an Spinoza, welcher den wesentlichen Unterschied zwischen den all-

So ist der Mechanismus ein echter Nominalismus; denn nicht nur gibt es für ihn bloß Individuen, sondern es ist auch alle wahre Erkenntnis eine Erkenntnis des Einzelnen. Im Gegensatz zur Maxime des Aristoteles und der Scholastik: Es gibt nur ein Wissen vom Allgemeinen, kann der Mechanismus sowohl hinsichtlich des Ausgangspunktes seiner Untersuchungen — die konkrete Erfahrung, die Einzeltatsache — als in bezug auf sein Endziel — eine spezielle, elementare Tatsache oder das zur Würde eines Prinzips erhobene Ergebnis einer Statistik von Einzelfällen — sagen: Es gibt nur ein Wissen vom Besonderen und Konkreten.

Wir können demnach nicht sagen, im Mechanismus fände ein Fortgang vom Allgemeinen zum Besonderen statt, zum mindesten läßt sich dies nur mit den herkömmlichen nominalistischen Einschränkungen behaupten. Stets geht die Wissenschaft vom Besonderen zum Allgemeinen, von einer Tatsache zur anderen und mittelst der unbegrenzten Wiederholung dieses Prozesses vom Besonderen zum Allgemeinen, wie dies in den mathematischen Generalisationen der Fall ist. Allgemeinheit besteht nur, weil die Einzeltatsachen einander gleichen und sich auf gleiche Elemente zurückführen lassen.

Was charakterisiert also den Fortschritt des wissenschaftlichen Schließens, da es doch unbestreitbar ist, daß dieses

---

gemeinen Begriffen als Zeichen und Wörtern und den Gemeinbegriffen hervorhebt, welche stets Realitäten, partielle Existenzen bezeichnen, deren Beachtung durch die Untersuchung der sich wiederholenden Tatsachen allgemein bedingt ist. Die Definition des Dreiecks ist ein Allgemeinbegriff, keine allgemeine Vorstellung. Sie bezieht sich in Wahrheit auf einen realen Modus des Attributs der Ausdehnung. Sie gilt, weil sie an ein wahrhaft Existierendes gebunden ist, und zwar durch das notwendige Band, welches den endlichen mit dem unendlichen Modus, den unendlichen Modus mit dem Attribut, das Attribut mit der Substanz verknüpft. Die abstrakte Qualität einer gewissen Anzahl von Gegenständen aber, z. B. die „virtus dormitiva“ des Opiums, ist nur ein „flatus vocis“, ein Allgemeinbegriff, etwas, was nur für und durch uns, in unserem Denken, in unserer Sprache, keineswegs aber objektiv existiert. Diese philosophische Anschauung ist mit jener der „einfachen Natur“ verwandt, deren sich Descartes physikalisch bedient. Diese einfache Natur ist nur der physische Aspekt des Gemeinbegriffes, dessen Leib sozusagen. Der Begriff der „notio communis“ und der der „einfachen Natur“ verhelfen uns zum Verständnis des Elements des Mechanismus, das aus ihnen folgt.

Schließen einen genau bestimmten Gang nimmt? Hier kommt wieder der Gegensatz zur Scholastik zur Geltung. Der wesentliche Fortgang im Denken der Scholastik ist, wie Descartes bemerkt, zugleich eine Ableitung des Besonderen aus dem Allgemeinen und ein Fortschritt vom Unbekannten zum Bekannten. Die Folgerung ist in den Prämissen eingeschlossen; diese sind nur wahr, wenn die Folgerung es auch ist. Der logische Formalismus kann zur Darlegung des Wahren dienen, aber niemals zu dessen Entdeckung. Hier wird die Methode der Physik ein Fortgang vom Bekannten zum Unbekannten sein.[1]

Man hat nach besonders einfachen Erfahrungen gesucht, welche die zureichenden und notwendigen Bedingungen einer Erscheinung enthüllen, und hat die Resultate dieser Erfahrungen verallgemeinert, indem man anläßlich neuer, komplizierterer Fälle Elemente, welche den älteren Fällen analog waren, entdeckte. Die neue Tatsache erklärt sich so durch Zurückführung auf die alte. Das Unbekannte wird durch das Licht des Bekannten erhellt. Man versucht, das Gesetz zu verallgemeinern, vermöge dessen es gelang, die einfachen Vorgänge zu erklären, indem man es auf Fälle anwendet, auf die es anfänglich nicht anwendbar schien. Aber bei diesem Verfahren bleibt der Mechanismus seinem ursprünglichen Standpunkte treu. Wenn er auch vermittelst einer kühnen Hypothese einem speziellen Gesetze, dessen Inhalt von einer Einfachheit ist, welche jeden Zweifel verbietet, eine allgemeine Geltung gibt, so geschieht dies nicht vermöge eines reinen Denkaktes, oder dieser ist doch nur ein provisorisches Stadium. Sondern die Verallgemeinerung erfolgt, weil die neuen Tatsachen sich empirisch auf eine komplexe Anordnung der alten Tatsachen zurückführen lassen oder weil sie eine Resultierende ergeben, welche die Einfachheit des Gesetzes

[1]) Wie ist dieser Fortgang möglich? Bacon würde sagen: nur dann, wenn man von einer bevorzugten Tatsache ausgeht; nach Descartes nur dann, wenn man von einer unmittelbar erfaßten Wirklichkeit ausgeht und wenn man andere Tatsachen auf die erste und auf die von ihr notwendig eingeschlossenen Eigenschaften und Beziehungen allmählich zurückführen kann. Die historische Entwicklung des Mechanismus ist nur eine Anpassung dieses allgemeinen Prozesses an den Gegenstand der Physik.

schon vor der Bekanntwerdung dieser neuen Tatsachen zu erfassen und auszusagen gestattete.

Zur Stütze dieser Denkweise könnte der Mechanismus beinahe die ganze Geschichte der Wissenschaften sowie die neuesten psychologischen Theorien des Denkens anführen.[1])

17. Der Erfolg dieser Methode bei der Erforschung der Natur führt notwendig zu einer höchst wichtigen Folgerung betreffs der Natur selbst. Diese muß auf dem ganzen Gebiete der mechanischen und physikalisch-chemischen Vorgänge im Grunde homogen sein. Diese These gehört übrigens nicht ausschließlich dem Mechanismus an. In seiner ersten Abhandlung schloß Rankine behufs Verbesserung der traditionellen Physik auf eine gemeinsame Grundlage, eine allgemeine Invariante aller physikalisch-chemischen Vorgänge: eine konstante Menge gleichartiger Energie. Aber er nimmt noch ausdrücklich primäre Qualitäten in geringer Anzahl an, auf welche sich alle übrigen Qualitäten zurückführen lassen; er nimmt ferner an, daß die Anzahl dieser Qualitäten nicht unveränderlich ist und sehr wohl noch weiter reduzierbar ist.

Was den Mechanismus charakterisiert, ist dies, daß er die Gleichartigkeit nicht bloß der physikalisch-chemischen Vorgänge, sondern auch die Gleichheit derselben mit den mechanischen Vorgängen annimmt. Die Natur ist ein System.

18. Dieser Satz ist oft als ein Postulat des Mechanismus hingestellt worden. Der Mechanismus wäre hiernach das Ergebnis einer apriorischen Überzeugung und eines vorgefaßten Begriffes von der Gleichartigkeit der Materie. Hier scheint aber die logische und psychologische Ordnung der Grundlagen der mechanistischen Theorie umgekehrt zu werden. Die Gleichartigkeit der Materie ist weder ein Prinzip noch ein Postulat, sie ist vielmehr eine Folge der Entwicklung der physikalisch-chemischen Wissenschaften. Sie ist ein Resultat der in der Renaissance in systematischer Weise formulierten wissenschaftlichen Methode; denn es ist eine ähnliche Methode, wovon alle früheren Entdeckungen im Grunde abhängen, aber ohne daß sie in genügend klar bewußter und geordneter Weise formuliert wurde.

---

[1]) Vgl. Ribot, Evolution des idées générales, S. 38.



Die Gleichartigkeit der physischen Natur wird behauptet, weil die Erfahrung zum Eckstein der Methode wird, weil allein die Einzeltatsachen dem Gebiete der Erfahrung angehören, weil aus diesem in seinem wahren Sinne erneuerten Nominalismus folgt, daß man nur vom Besonderen zum Allgemeinen fortschreiten kann, weil auf diese Weise jede neue Erkenntnis nur durch Zurückführung eines unbekannten auf ein bekanntes Glied möglich ist. Diese Gleichartigkeit wurde nicht postuliert, sondern man gelangt allmählich zu ihr, man ist genötigt, sie zu erschließen, in dem Maße, als der Erfolg der Methode dazu zwingt.

19. Und so kommen wir denn zu einer neuen Auffassung, deren Folgen für die Praxis in anderer Weise schwerwiegend gewesen sind.

In allen allgemeinen Theorien der Physik, welche die Physiker, die nicht Mechanisten sein wollten, uns bisher vorgeschlagen haben, konnten wir die offenbaren Bemühungen um die Erhaltung des von der Renaissance-Physik eingeführten Mathematismus bemerken. Man will keine mechanistische, wohl aber eine mathematische Physik. Nur kann man nicht umhin, die mehr oder weniger ausgesprochene und deutliche Schwierigkeit zu empfinden, die Beziehungen, welche die mathematische mit der empirischen Physik verknüpfen, zu deuten, und diese Verbindung behält stets etwas Zufälliges und Willkürliches.

Anders steht es mit dem Mechanismus. Entspringt die Gleichartigkeit des Gegenstandes der Physik der Methode und dem Geiste dieser Wissenschaft selbst, so ist der Mathematismus die notwendige und unmittelbare Konsequenz dieser Gleichartigkeit. Er ist durch sie begründet und legitimiert, ja noch mehr, er ist unvermeidlich. Die Physik, als eine Erweiterung der Mechanik, wird wie diese zu einer mathematischen Wissenschaft.

Welches ist denn die wesentliche Bedingung der Anwendung der mathematischen Methode und des mathematischen Verfahrens? Oft hat man die Mathematik als die Wissenschaft vom Maße definiert, und wenn auch diese Definition sehr unvollständig und unzureichend ist, so bleibt es doch wahr, daß die Mathematik, wie es der Name einiger ihrer Teile anzeigt (Geometrie, Trigonometrie), zu ihren wichtigsten Aufgaben die Messung, die direkten oder indirekten Methoden zu derselben

zählt. Die Zahl und der Größenbegriff sind mit der Praxis des Messens innig verknüpft.

Daraus folgt, daß überall, wo die Messung eine Rolle spielt, die Mathematik ihren Platz hat; sie ist hier nicht nur anwendbar, sondern muß notwendig herangezogen werden.

In den physikalisch-chemischen Wissenschaften spielt die Messung eine erhebliche Rolle. Wie die Mathematik deuten viele Teile der Physik schon durch ihren Namen die Bedeutung der Messung für sie an (Calorimetrie, Thermometrie, Barometrie, Photometrie usw.).

Man kann sagen, ein Naturgesetz gilt nur dann genau, wenn es eine Beziehung zwischen zwei meßbaren Größen aussagt und wenn diese Beziehung selbst meßbar ist. Ein Gesetz verifizieren heißt, den Wert dieser Beziehung durch Messung der Größen, zwischen denen die Beziehung statthat, verifizieren. Ein wissenschaftliches Experiment ist im Grunde stets eine Messung oder ein System von Messungen, und es beweist um so mehr, je exakter die Messungen sind.

Die direkte oder indirekte Messung gewisser Größen ist demnach das Ziel der Physik wie das der Mathematik und aller Wissenschaften, wenn ein Gesetz eine genaue Beziehung und wenn eine genaue Beziehung ein meßbares Größenverhältnis ist.

Es ist nun leicht zu ersehen, daß die Gleichartigkeit des Gegenstandes die conditio sine qua non der Möglichkeit der Messung ist. Gemessen wird nur, was aus Teilen besteht, die untereinander und mit der gewählten Einheit gleichartig sind, was sich als durch eine unendliche Addition der Einheit mit sich selbst konstituiert auffassen läßt.

Für den Mechanismus wird also das Problem so sehr vereinfacht, daß es im vorhinein gelöst ist. Durch seine Gleichartigkeit, die notwendige Konsequenz des ganzen Systems, ist der Gegenstand der Physik von selbst ein System meßbarer Größen. Die Physik muß sich allmählich in eine mathematische Wissenschaft verwandeln und kann es nicht anders. Alle physikalisch-chemischen Vorgänge sind auf einfache Erscheinungen zurückführbar, die sich wie die elementaren Einheiten jener verhalten, — auf Bewegungsvorgänge.

20. Der Mechanismus schließt konsequentermaßen eine Auf-

fassung der physikalisch-chemischen Vorgänge ein, die man ihm oft als ein ungerechtfertigtes Postulat vorgeworfen hat und die doch nur das unvermeidliche Ergebnis der Methode ist. Sind die Erscheinungen aufeinander zurückführbar, so sind sie gleichartig; sind sie gleichartig, so sind sie meßbar; sind sie meßbar, so sind sie quantitative Größen. Das physikalisch-chèmische Gebiet gehört dem Reiche der Quantität an, wie zweifellos alles, was der Wissenschaft zugänglich ist. Alles geschieht demnach, als ob die physikalisch-chemische Welt quantitativ wäre.

Dem Mechanismus genügt es in der Tat, daß die seit der Renaissance befolgte Methode erfolgreich gewesen ist, daß die neuen Phänomene schrittweise durch das Licht der schon bekannten Erscheinungen erhellt worden sind und daß diese Erklärung in dem Maße, als sie fortschritt, sich auf bereits bekannte Elemente zurückführen hat lassen, um ohne eine Hypothese betreffs deren letztes Wesen dieselben als Quantitäten auffassen zu müssen. Es geschieht alles, als ob sie im Grunde nichts als gleichartige, reduzierbare und meßbare Größen wären.

Auf diese Weise sichert der Mechanismus in logischer und einfacher Form, ohne dialektische Bemühungen, die Begreiflichkeit der physikalisch-chemischen Prozesse und die volle Objektivität der theoretischen Physik. Ein Verdienst kann man dieser Lehre nicht abstreiten: inneren Zusammenhang und Klarheit, sowie Leichtigkeit und Einfachheit.

Die Kritiker des Mechanismus haben ihm häufig die Kompliziertheit gewisser Einzelerklärungen vorgehalten. Und gewiß haben sich bei manchen Forschern, bei jenen, die am ausdrücklichsten den Mechanismus vertraten, sehr komplizierte anschauliche Hypothesen zur Erklärung gewisser Erscheinungen gefunden. Aber abgesehen davon, daß diese anschaulichen Hypothesen niemals definitiver Art waren, spielen sie nur teilweise eine Rolle und beziehen sich nur auf sehr spezielle Einzelheiten. Betrachten wir statt dieser — und dies ist für jede systematische Theorie wesentlich — die Grundzüge, die Grundlage, die allgemeine Entwicklung derselben, so müssen wir über die Klarheit und Einfachheit, mit welcher der Mechanismus als notwendiges Ergebnis der Erfahrung auftritt, staunen.

21. Man pflegt die Einheit und Einfachheit der Natur

in eine Formel zusammenzufassen. Der Ausdruck ist klassisch geworden, und in gewissem Sinne scheint dies auf den ersten Blick begründet und berechtigt. Lassen sich die Erscheinungen als die sukzessiven Komplikationen analoger Elemente auffassen, folgt dann nicht daraus, daß die Kompliziertheit, welche die Erscheinungen an den Tag legen, auf eine wirkliche Einfachheit zurückführt? Da die Bedingungen, zu welchen wir zurückgehen, die Ursachen weniger kompliziert, weniger zahlreich als die Folgen und Wirkungen sind, da das Ungleichartige auf das Gleichartige sich zurückführen läßt, so ist die Natur einfach.

Im 18. Jahrhundert haben die Anhänger des Mechanismus, der Hypothese der Zentralkräfte nicht bloß an die Einheit und Gleichartigkeit der Natur, sondern auch an deren durchgängige Einfachheit, d. h. an die Einfachheit aller physikalisch-chemischen Vorgänge fest geglaubt. Aus dem Umstande, daß die Grundgesetze, die Prinzipien einfach sind, schloß man willkürlich auf die Einfachheit aller Gesetze.

Nachdem man nun nach etwa einem Jahrhundert an Arbeit kraft der Tatsachen genötigt worden war, anzuerkennen, daß, wenn auch die Struktur der Erscheinungen vielleicht homogene Elemente birgt, diese Struktur von unerhörter Kompliziertheit ist, daß man sie nur entwirren konnte, wenn man, wie in der kinetischen Gastheorie, die statistische Methode heranzog, oder, was auf dasselbe hinausläuft, indem man das Detail preisgab, um die Grundlinien des Ganzen zu fixieren, wie in den Systemen von Differentialgleichungen — als man dies anerkannte, hatte man leichtes Spiel, wenn man dem Mechanismus den großen Irrtum der Einfachheit der Naturgesetze vorhielt. Fast alle dialektischen Rekonstruktionen des Mechanismus haben die Verknüpfung der Einfachheit der Natur mit der Einheit und Gleichartigkeit der elementaren Vorgänge behauptet. Da diese Einheit und Gleichartigkeit eine Konsequenz der mechanistischen Anschauung ist, so schließt man, die Einfachheit der Naturgesetze sei ebenfalls eine solche Konsequenz. Die beiden Prinzipien müssen zugleich angenommen oder abgelehnt werden. Nun führen aber alle Fortschritte der physikalisch-chemischen Wissenschaften klar und deutlich zur Negation der Einfachheit der Naturgesetze. Daraus folgert man dann, daß die Einheit

der Natur und demnach auch der Mechanismus dialektisch unhaltbar seien.

Eine recht einfache Bemerkung hätte gegenüber dieser leichten Kritik zur Vorsicht mahnen müssen, einer Kritik, die so leicht ist, daß man, hätte sie nur den mindesten Wert, mit Fug erstaunt sein müßte, daß so viele Forscher, die beständig gegen die oft unentwirrbare Kompliziertheit der Naturgesetze ankämpfen, Mechanisten bleiben konnten. Alle Kritiken, die an die Adresse des Mechanismus nicht aus dialektischem, sondern streng wissenschaftlichem Gesichtspunkte gerichtet werden, werfen ihm ganz das Gegenteil vor; sie halten ihm seine zu komplizierten Theorien vor, wenn er zu den Erklärungen der Einzelheiten gelangt, die wunderlichen Labyrinthe der mechanischen Modelle, welche zur Vorstellung bloß des Gröbsten einer Erscheinung dienen. Auch die Formeln sind oft in unsinniger Weise verwickelt und oft so, daß sie dem Detail der Hypothese nicht zu folgen vermögen. Wie sind diese Kritiken mit jenen zu vereinbaren, welche dem Mechanismus seinen Glauben an die Einfachheit der Naturgesetze vorhalten und ihn so in geraden Gegensatz zu allen physikalisch-chemischen Wissenschaften der Gegenwart bringen?

Die Vereinbarung ist gar nicht erst zu suchen. Die Kritiken der Forscher sind durchaus gültig, denn die mechanistischen Hypothesen, welche allzuschnell in das Detail der Erscheinungen eindringen wollen, sind von unerhörter Kompliziertheit. Der Mechanismus verkündet eben dadurch seinen Glauben an das Nicht-einfach-Sein der Naturgesetze, im Einklang mit allen wissenschaftlichen Arbeiten des 19. Jahrhunderts. Wenn er erklärt, die Natur sei einheitlich, so meint er nur, daß in letzter Linie die Erscheinungen sich durch eine sehr geringe Zahl von Elementen oder durch statistische Durchschnittsgesetze beschreiben und erklären lassen. Um aber die komplexen Phänomene zu entdecken, die aus jenen einfachen Elementarvorgängen resultieren, kommt man zu merkwürdig komplizierten Konstruktionen. Lange Zeit sehen wir die Dinge nur im Groben, im ganz Groben; wir stecken das Terrain ab, verzeichnen aber nicht alle Einzelheiten.[1]

[1]) Vgl. darüber J. Perrin, La discontinuité de la matière (Revue du mois, März 1906, S. 323).

22. Aus der Analyse des Mechanismus ergibt sich uns der Objektivismus dieses Systems. Der Mechanismus ist, wenn man will, der Glaube an die Realität der physikalischen Theorie (wenn diese kontrolliert worden ist), mit dem gleichen Sinne der Ausdrücke „Glauben“ und „Realität“ wie in der Formel: Glaube an die Realität der Außenwelt.

Der Mechanismus behauptet, mitten in der Menge der unzureichenden oder falschen Konjekturen sich der Nachbildung der gesamten physikalischen Erfahrung zu nähern. Schließlich müssen wir die vollständige Beschreibung der materiellen Welt haben, angefangen von den Elementarvorgängen, welche das Gewerbe derselben bilden, bis zu den komplizierten Einzelheiten, unter denen sie unseren Sinnen erscheint.

Wir dürfen jedoch nicht vergessen, daß der Kern der an dem Mechanismus geübten Kritiken in der Behauptung besteht, die Objektivität dieses Systems sei nur eine scheinbare und es verfälsche in Wahrheit die Resultate der Erfahrung, indem es ihr willkürliche Hypothesen hinzufüge. Dieser Einwand gehört unmittelbar in den Rahmen dieser Untersuchung, und wir haben nun zu sehen, wie die Mechanisten sich gegen ihn verteidigen.

23. Alle geben zunächst an, daß die Hypothesen, welche sich in ihrer theoretischen Physik finden, stets als Hypothesen auftreten. Diese Konjekturen machen nur dann auf Objektivität Anspruch, wenn sie an sich oder durch ihre Konsequenzen empirisch bewahrheitet sind. Die Hypothesenbildung ist ein notwendiges Moment der Methode und ein Erfordernis der Entdeckung. Jedes Gesetz war zuerst eine Hypothese. Vorausgesetzt, daß zwischen der nicht verifizierten und der verifizierten Hypothese oder dem Gesetz genau geschieden wird, ist die vollkommenste Objektivität gewährleistet. Jedenfalls ist die Hypothese, soll sie Aussicht auf Objektivität haben, zwei Bedingungen zu unterwerfen: Sie muß durch die Erfahrung eingegeben und sodann auch durch sie verifizierbar sein. Diesen Bedingungen genügt, wie wir sahen, der Mechanismus stets, besser als jede andere physikalisch-chemische Richtung; denn mehr als jede läßt er sich durch die Erfahrung leiten und entnimmt ihr allein, ohne jede andere Betrachtung (praktischer Nutzen, Denkökonomie, allgemeine Bequemlichkeit) die als definitiv aufgefaßten Ergebnisse.

Und er ist sehr bemüht, seine Hypothese in anschaulichen Ausdrücken, in solchen der Wahrnehmung zu formulieren, denn für ihn sind, wie wir wissen, Begreiflichkeit und Vorstellbarkeit synonym. Jede Theorie muß sich schließlich in sinnlichen Ausdrücken formulieren lassen und eine mögliche Erfahrung darstellen.[1]) Die Hypothese wird zu einer Theorie, wenn die Erfahrung aus einer möglichen zu einer aktuellen geworden ist. Die strengste Objektivität ist demnach stets das Ergebnis des Mechanismus, von welcher Seite man ihn auch betrachtet.

---

[1]) Perrin, Traité de chimie physique I, Vorwort S. IX—X. „Man kann in Befolgung eines durchaus logischen Verfahrens sich gewisse mechanische, elektrische oder andere Modelle ersinnen, die genug einfach sind, um in ihrer Gesamtheit von uns erfaßt zu werden, und die doch dem Universum insofern gleichen, als, wenigstens in grober Weise, ihre Eigenschaften denen des Universums so entsprechen, wie zwei in verschiedenen Sprachen geschriebene Sätze einander entsprechen. Schon hier gäbe es ein regelrechtes Entdeckungsverfahren, ohne daß das Modell von größerer sinnlicher Realität wäre als die Gleichungen, vermittelst welcher wir Gesetze ausdrücken. Es scheint mir aber, daß man berechtigt ist, den Molekülen, Atomen oder Korpuskeln eine noch größere Realität zuzuschreiben.

Ich falle hierbei nicht in die Metaphysik zurück. Ich höre nicht auf, die Empfindung als die einzige Realität zu betrachten. Sie ist die einzige Realität, vorausgesetzt, daß man den aktuellen die möglichen Empfindungen hinzufügt. Niemand, der noch Wissenschaft treiben will, wird dies in Abrede stellen, niemand wird den Empfindungen, die er beim Öffnen der Augen oder beim Wenden des Kopfes erlebt, einige Realität absprechen. Die Molekularhypothesen können nun eine Tragweite erlangen, welche durch folgenden Vergleich genügend erhellt wird.

Gewiß hätte man ohne die Hilfe des Mikroskops zu dem Gedanken gelangen können, daß die ansteckenden Krankheiten in der Vermehrung sehr kleiner Lebewesen ihre Ursache haben. Durch diese apriorische Idee geleitet, hätte man fast die ganze Technik Pasteurs entdecken können. Man hätte so eine deduktive Wissenschaft betrieben und die ansteckenden Krankheiten geheilt, aber in Befolgung eines von den Verfechtern der streng induktiven Methode verkörperten Verfahrens, wenigstens bis zu dem Tage, wo das Mikroskop den Beweis erbracht hätte, daß die Hypothese der Mikroben sehr wohl mögliche Empfindungen zum Ausdruck brachte. Dies ist das unanfechtbare Beispiel einer Struktur, die den Sinnen zu entgehen vermag und deren Erkenntnis die Voraussicht gewisser, den Sinnen direkt zugänglicher Qualitäten ermöglicht.

Wer wollte nun ernstlich behaupten, das Gebiet der möglichen Empfindungen könne das Gebiet der wirklichen nicht überragen. Und

Die Kritiker des Mechanismus haben demnach die Hypothese mit der definitiven Behauptung verwechselt. Was eine gewisse Willkür — die aber nicht verdeckt wird — darbieten kann, ist die vorbereitende Hypothese, die Antizipation der Erfahrung; für eine kaum drei Jahrhundert alte Wissenschaft ist deren ungeheuer viel vorhanden. Die Kritiker haben sodann versäumt, zu bemerken, daß die mechanistische Hypothese stets eine Antizipation der Erfahrung ist; sie sucht sich in möglichen Empfindungen, nicht in einem symbolischen Algorithmus zu formulieren.

Hinter diesen Kritiken aber, welche gewissermaßen technisch bleiben und gegen welche die ganze Haltung des Mechanismus, seine innere Organisation, seine Prinzipien einen genügenden Protest darstellen, besteht eine vagere, allgemeinere Geistesverfassung, welche vielleicht die entfernte und primäre Ursache dieser Kritiken ist. Diese Geistesverfassung nimmt in bezug auf wissenschaftliche Erwägungen einen mehr äußerlichen Standpunkt ein. Sie befaßt sich hauptsächlich mit dialektischen Erörterungen, welche der Forscher wie der Historiker der Wissenschaften übergehen dürfte. Aber abgesehen davon, daß sie der Diskreditierung des Mechanismus seitens gewisser Forscher nicht fern stehen, so bleibt es auch richtig, daß sie beanspruchen, den Mechanismus in Widerspruch mit sich und in Gegensatz zur Vernunft und Logik zu bringen. Die Mechanisten sollen hiernach unbewußt einen groben Fehler begehen. Sie sollen, indem sie bei der Erfahrung zu bleiben glauben, sich ganz einfach von ihr abkehren, da sie im Grunde schlecht experimentieren. Sie sollen die Realität systematisch verfälschen. Freilich können wir uns fragen, wie berufsmäßige Experimentatoren ihr Verfahren so schlecht beherrschen konnten. Schließlich aber verdient das,

---

wenn die Atomisten der scheinbar homogenen Materie eine körnige Struktur zuschreiben, gehen sie da anders vor als die soeben erwähnten Mikrobiologen und darf man verächtlich sagen, daß sie Metaphysik betreiben?

Überdies haben die Atomisten gerade in dem Augenblicke, da man über die Berechtigung ihrer Methode diskutierte, sie durch neue Entdeckungen erwiesen, die durch die Korpuskulartheorie zu einem harmonischen Ganzen vereinigt wurden.*

wenn auch übertriebene, Bedenken erwähnt und geprüft zu werden, bevor es behoben wird. Ohne der Dialektik auf ihrem eigenen Felde zu folgen, kann man ihre Behauptungen mit den Tatsachen der einfachen Beobachtung konfrontieren und sehen, welchen Grad des Vertrauens sie verdienen.

Die These, welche diese Dialektik aufstellt, ist in aller Kürze diese: Die wahre Erfahrung, das Reale ist die Empfindung. Die Empfindung ist ein individueller, spezifischer Bewußtseinszustand, denn es gibt nicht zwei identische Empfindungen. Die wohl verstandene Erfahrung muß uns also einer unerfaßbaren Menge von Erscheinungen gegenüberstellen, in der nicht ein Teilchen bestimmt und vorstellbar ist, denn es selbst, so klein es auch ist, ist mit einer Unendlichkeit von Nuancen behaftet. Das Reale zu definieren versuchen, heißt, es verändern, denn es ist unaussprechlich. Eine Erfahrung anstellen, etwas in ihr fixieren, eine Tatsache notieren, heißt, das Reale, das chimärische Objekt, welches uns um so mehr entschlüpft, je mehr wir es zu erfassen suchen, verfälschen.

Der Mechanismus wäre hiernach ohne jede Objektivität, wenngleich er versichert, daß er nur der Abklatsch der Erfahrung ist; und zwar deshalb, weil das, was er Erfahrung, Tatsache nennt, die notwendige Entstellung des Realen ist. Er will das apriorische Willkürliche eliminieren, und in dem Maße, als er dies tut, kehrt es im Galopp zurück.

Nach dieser Kritik muß man sich, um nicht am Äquivoken zu scheitern, an eine völlige Umkehrung der üblichen Ausdrücke gewöhnen. Was bisher subjektiv hieß, die individuellen und spezifischen Nuancen des Bewußtseins, wird zum Typus der Objektivität. Umgekehrt wird die konstante, permanente Grundlage, welche der Beobachtung der Erfahrung ein Ganzes von Bildern darbietet, zur willkürlichen und subjektiven Modifikation der Erfahrung im Geiste des Forschers. Diese Auffassungsweise stützt sich auf alle sprachlichen Konventionen, welche die Exaktheit und Mitteilbarkeit der Ergebnisse einer wissenschaftlichen Erfahrung erfordert und welche die Forscher oft mit einer Art Koketterie eingeführt haben, ohne an die logischen Konsequenzen zu denken, welche sich dialektisch daraus ziehen lassen. Es wäre ihnen leicht gefallen, zur Vermeidung jedes Mißverständ-

nisses unter dem unentbehrlichen Kunstgriff der Sprache und der metrischen Konventionen die realsten der Naturvorgänge aufzuzeigen, welche durch diese Sprache nur präzis mitgeteilt werden.

Ein Physiker, der mit Kritiken gegenüber dem Mechanismus nicht gespart hat und für den der objektive Wert der Wissenschaft, wenn er besteht, ein ernstes Problem bedeutet, Poincaré, hat bereits dieses Sophisma an den Tag gelegt. Er hat ohne Mühe gezeigt, daß die Sinnesphänomene, welche bei aller spezifischen Verschiedenheit analog sind, einen permanenten, allgemeinen Kern bergen und daß die wissenschaftliche Erfahrung eben in der Herausschälung dieses Kerns besteht.

In noch allgemeinerer Weise als er es tut, können wir sagen, daß alle Erfahrung, die wissenschaftliche wie die gemeine, definiert und abstrahiert. Aber es handelt sich darum, zu wissen, ob das, was sie fixiert, definiert und abstrahiert, realer ist als das, was sie als flüchtiges Detail, Akzidens oder speziellste Nuance vernachlässigt, oder weniger real.

In der gemeinen Erfahrung zunächst, entzieht sich, wo wir es mit einer durch lange ästhetische Erziehung und natürliche Anlagen verfeinerten Sinnlichkeit zu tun haben, die spezifische Nuance der Erscheinung der allgemeinen Empfindung. Als Realität, die sich uns aufdrängt, erkennen wir nur das an, was alle Welt ebenso wie wir zu bezeugen vermag. Niemals wird jemand, bei allen seinen idealistischen Überzeugungen, behaupten, das Reale, Objektive an einem durch ein Mikroskop beobachteten Phänomen sei die Nuance, welche der Gegenstand durch die Belichtung empfängt, die individuelle und spezifische Veränderung, welche die Einbildungskraft unter der Herrschaft eines vorgefaßten Begriffes für einen Augenblick an ihm hervorruft, die kleinen Halluzinationen, die der Ermüdung des Auges entspringen: Trübungen, Nebel oder Flecken. Und doch ist für den idealistischen Empirismus oder den integralen Positivismus das, was den Bewußtseinszustand konstituiert hat, die Realität, das Objektive. Jedermann wird anerkennen, daß es nichts Subjektiveres gibt. Das Reale, das Objektive ist vernünftigerweise — und nur vom Vernunftstandpunkt ist eine Diskussion möglich — das, worin alle jene übereinstimmen, welche das gleiche Bild beobachtet

haben, und das Ganze der Beobachtungen aller Beobachter, die sich selbst korrigieren, indem sie die Beobachtung wiederholen, fixieren und bestimmen.

Diese Tatsachenfeststellung kann sich mutatis mutandis wiederholen, angefangen von der gemeinen Beobachtung bis zur umfassendsten Behauptung der Physik, wie der Mechanismus sie versteht. Und man kann mit ihm und mit dem gesunden Menschenverstande sagen, das Objektive ist nicht die flüchtige, spezifische, individuelle, unsagbare Nuance, sondern der permanente, konstante, allgemeine, bestimmte Kern, der sich unter diesen Nuancen findet. Die wissenschaftliche Erfahrung hat diesen Kern aufzusuchen, und die Erfahrung und Wissenschaft, wie der Mechanismus sie versteht, hat kein anderes Ziel. Das Reale ist nicht das, was jeder vermöge seiner mehr oder weniger normalen oder pathologischen Beschaffenheit aus sich selbst in die Wahrnehmung legt. Es ist auch nicht das, was in der Unendlichkeit der Ursachen und Wirkungen das nebensächliche Detail, die zufällige, momentane und flüchtige Kreuzung einer Kausalreihe, welche niemals in gleicher Weise auftreten wird — z. B. das Dazwischentreten eines Erdstoßes bei einem Experiment betreffs des Gleichgewichtsniveaus einer Flüssigkeit — hinzufügt. Das Reale, Objektive ist das, was sich unter gleichen Bedingungen in gleicher Weise wiederholt. Der experimentelle Kunstgriff, die metrischen Konventionen haben keinen anderen Zweck als den, das Reale herauszuschälen und es mit möglichster Exaktheit mitzuteilen. Die in den physikalisch-chemischen Wissenschaften obwaltende Erfahrung zielt also auf die größtmögliche Objektivität ab und gewinnt sie auch. Und eben durch eine solche Erfahrung allein erhält der Mechanismus seine Grundlage.

Erinnern wir uns nun an eine der Stützen des Mechanismus, nämlich daran, daß für ihn das komplexe Phänomen und dessen subjektive Nuancen aus der Interferenz ebenso konkreter und realer Vorgänge, welche ebenso in der Natur existieren, entspringt, denken wir daran, daß das abstrakte und allgemeine Element nur eine besondere Empfindung oder ein statistischer Durchschnitt besonderer Empfindungen ist, auf die uns stets eine Menge anderer Empfindungen als auf deren notwendige und zureichende Bedingungen zurückführen, dann begreift man, mit

welcher Festigkeit die Objektivität der physikalisch-chemischen Wissenschaften im Mechanismus gegründet ist. Der Mechanismus betrachtet die physikalische Theorie als eine zusatzfreie und uneingeschränkte Beschreibung des realen Systems der Empfindungen, welche der normale Mensch unter ganz bestimmten Bedingungen haben muß. Die physikalische Theorie stellt unter den Empfindungen eine ihrer natürlichen Ordnung äquivalente Ordnung her; sie stellt in ihrer vollendeten Gestalt die Bedingungsempfindungen sowie die Ordnung auf, in der die Reihe der bedingten Empfindungen von jenen angefangen sich abspielen wird. Wo die Theorie der Hypothese weicht, da muß und kann diese wieder nur eine mögliche Ordnung von bedingten Empfindungen ersinnen.

Ist die objektive Existenz das, was unsere Sinne zu erregen vermag, dann haben die physikalisch-chemischen Wissenschaften im Sinne des Mechanismus durchgängig einen objektiven Wert.

---

3. Kapitel.

Die gegenwärtigen Tendenzen des Mechanismus verglichen mit seinen früheren und mit den Tendenzen der übrigen Theorien der Physik.

1. Bei einem noch so raschen historischen Überblick über den Mechanismus ist man durch das dogmatische Gebahren dieses Systems betroffen. Gewiß räumt er der Hypothese einen Platz ein, aber nur sehr eingeschränkt. Einem Physiker des 17. oder 18. Jahrhunderts kommt es nicht in den Sinn, die Tragweite, den Wert, die Berechtigung seiner Induktionen einzuschränken. Nur ausnahmsweise kommt es zu einem Zweifel. Der Physiker glaubt in seinem oft groben Experiment und in dessen oft fast apriorischen Folgerungen — so sehr gehen sie über die empirischen Prämissen hinaus — unmittelbar die ewige Ordnung der Natur entdeckt zu haben; er bildet sich ein, bis in ihr Inneres einzudringen. Hat er in dem Momente, da in seiner Forschung alles sich ihm noch verworren darstellte, Hypothesen aufgestellt und Voraussetzungen gemacht, so hegt er keine Zweifel mehr, sobald er in den Resultaten, zu denen er gelangt, klar sieht. Die Hypothese ist ein momentanes, akzessorisches Verfahren, ein Umweg, den man nicht gern eingesteht. Niemand hat hier noch den Gedanken einer allgemeinen hypothetischen Theorie, welche viele Jahre hindurch unschätzbare Dienste zu leisten vermag, die aber in der Folge mehr oder weniger wegfallen wird, als ein nunmehr unnütz gewordenes Gerüst. Unversöhnlichkeit und Dogmatismus — dies ist der Grundton der traditionellen Physik bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts, und da bis dahin die traditionelle Physik der Mechanismus ist, so ist dies der Grundton des Mechanismus.

Dieser Grundton ist es, was die für den Mechanismus wenig

empfänglichen Physiker der Gegenwart sehr oft verletzt hat. Hier hat oft die Lebhaftigkeit und Schärfe ihrer Kritiken ihren nächsten tiefen und daher halbbewußten Grund. Man hat ein unversöhnliches Dogma angegriffen, weil man darin die Gefahren einer neuen Scholastik erblickte; man fand Gefallen daran, da, wo es mit Fug geschehen konnte — bei dem noch so unvollkommenen Zustande der Physik fehlt es dazu nicht an Gelegenheiten — ein der Kritik so mißfälliges System scharf zu kritisieren. Die dogmatische Unversöhnlichkeit, die Gewißheit, die Wahrheit in einfachen, bestimmten Rahmen für immer festgelegt zu haben, mußte eine Reaktion gegen den Mechanismus bewirken, wie es in der Tat geschehen ist, besonders, nachdem man bemerkt hatte, daß alle diese Rahmen nacheinander barsten und daß das Gerüst merkwürdig kompliziert werden mußte.

Wir hatten bereits wiederholt die Gelegenheit, gewisse Konsequenzen dieses Geistes des älteren Mechanismus, wie wir den traditionellen Mechanismus bis zur zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nennen wollen, zu erwähnen. Kam nicht z. B. der Glaube an die Einfachheit aller Naturgesetze daher, daß die zuerst entdeckten Gesetze naturgemäß die einfachsten Fälle betrafen oder ziemlich einfache Annäherungen an Gesetze waren, die in Wahrheit komplizierter sind? Die physikalische Arbeit Descartes' ist ein Zeugnis für dieses Selbstvertrauen des Mechanismus. Vergessen wir nicht, daß die erste Regel der Kartesianischen Methode die war, nur das für wahr zu halten, was in evidenter Weise als wahr sich darstellt. Die Gesetze der Bewegung, die darauf gestützte Physik erschienen Descartes also als evident, und namentlich schien es ihm evident, daß diese Gesetze allein, die selbst vom mechanischen Standpunkt sehr rudimentär sind, zur Begründung des Systems der Natur genügten. Nicht anders denken Bacon und Galilei, wenn auch der letztere dem Zweifel und der Ungewißheit mehr zugänglich war, ferner Hobbes, Huyghens, die Bernouillis. In vieler Hinsicht steht Newton der Bescheidenheit der modernen Wissenschaft näher. Darf und muß aber seine berühmte Formel: Hypotheses non fingo, in gewissem Maße als ein Mißtrauen gegenüber den anspruchsvollen Konstruktionen der zeitgenössischen Physik und des Kartesianischen Mechanismus gedeutet werden,

so ist sie doch wohl in anderer Beziehung eine recht dogmatische Formel. Besagt sie nicht, daß seine „Principia philosophiae naturalis“ zur „Perennis philosophia“ gehören, zu den definitiven, unveränderlichen und zureichenden Prinzipien der physikalischen Erklärung? Und hat nicht das ganze folgende Jahrhundert von den Zentralkräften gelebt, welche zu einer unantastbaren, alles Hypothetischen baren Wahrheit erhoben wurden? Die analytische Mechanik Lagranges, die Himmelsmechanik Laplaces sind in ihren Grundlinien nur die Fortsetzung der Newtonschen Physik.

Der ältere Mechanismus ist demnach durch seine dogmatische Sicherheit kenntlich. Ist ihm der neuere Mechanismus, jener, welcher sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelt hat und den ich hier analysiere, auf diesem Wege gefolgt?

2. Die Aufwerfung der Frage ist schon deren Beantwortung. Wir brauchen nur eine beliebige Schrift irgendwelcher bedeutenden Mechanisten der Gegenwart zu öffnen, um zu sehen, daß hier diese dogmatische Strenge und Sicherheit fehlen. „Hypotheses fingo“ — das sind die Worte, welche den Geist des modernen Mechanismus insoweit charakterisieren würden. Alle Vertreter desselben erklären, der Umkreis der Gewißheiten sei unendlich klein im Verhältnis zu dem der zweifellos falschen oder unzureichenden Konjekturen, die man in Erwartung des Besseren bewahrt, und der zweite Umkreis wiederum sei unendlich klein im Verhältnis zu dem des Unbekannten.

Die meisten unserer Formeln sind Annäherungen, die meisten unserer Vorstellungen der Erscheinungen nur Hypothesen. Die Kritik, der man den Mechanismus unterworfen hat, hat ihre guten Seiten gehabt; sie hat ihn zur Einschränkung seiner Ansprüche, zur genaueren Präzisierung des für errungen Gehaltenen, endlich zur Wiederherstellung der Schmiegsamkeit, der Freiheit, die aus der wissenschaftlichen Forschung nie schwinden darf, genötigt. Der neue Mechanismus gibt seinen Gegnern bezüglich fast ihrer ganzen Kritik recht.

Unzweifelhaft hat sich also eine Wandlung, welche den allgemeinen Geist des Mechanismus, wie wir ihn im vorigen Kapitel bestimmt haben, nicht berührt, die aber durch ihre Konsequenzen

und durch den allgemeinen Charakter, den sie den physikalisch-chemischen Wissenschaften verleiht, vollzogen. Der „neue Mechanismus“ ist wesentlich liberal, und zwar aus verschiedenen Gründen.

3. a) Erster und Hauptgrund ist der, daß nach dem ersten, sehr natürlichen Rausche, den die ersten Erfolge der Wissenschaft seit der Renaissance bewirkten, die beständige Erschütterung, welche infolge der vielfachen Entdeckungen in der Folge stattfand, sowohl die Schwierigkeiten, die Kompliziertheit des zu lösenden Rätsels als auch die Unzulänglichkeiten der ersten Erklärungen dargetan hat. Eine junge Wissenschaft bejaht gern und kühn, noch nicht durch die Erfahrung zur Vorsicht gemahnt. Aber bald setzt die Erfahrung an die Stelle der Kühnheit die Vorsicht. Diese Vorsicht ist das Charakteristische des „neuen Mechanismus“.

b) Der zweite Grund hängt noch mit dem ersten zusammen, er folgt aus ihm. Die mechanistische Konstruktion räumt der Hypothese einen beträchtlichen Platz ein. Ihr Liberalismus ist die Folge ihrer Mäßigung. Angesichts der beständigen Modifikationen, welche die neuere an der älteren Wissenschaft vorzunehmen genötigt ist, zaudert man mit der Behauptung, mit der Aufstellung einer definitiven Formel. Statt außerhalb der eigentlichen Wissenschaft als akzessorisches und individuelles Verfahren, als eine Krücke zur Festigung eines momentan schwankenden Ganges zu verbleiben, erhält die Hypothese Bürgerrecht in ihr. Um den Bereich einiger Gewißheiten, welche durch die Einfachheit der Verifikation und die direkte Nähe der Erfahrung unerschütterlich sind, erstrecken sich ungeheure, nur grob beackerte Felder. Schon trugen sie reiche Ernten, aber zwischen den dichten, reichen Ähren sammeln sich Unkräuter, Wucherpflanzen und steinige Stellen an, ohne den Arbeiter auch nur aufzuhalten. Er weiß, er würde bei dem gegenwärtigen Stande dieser Hochkultur vergebens und nur mit Schaden suchen, behutsamer vorzugehen. Ein Feld ist kein Garten. Während also gewisse Gebiete der Wissenschaft, wie die rationelle Mechanik, gewisse Kapitel der Hydrostatik und der Hydrodynamik, der Optik und der Akustik sich dem definitiven, unveränderlichen Zustande, der vollkommenen Exaktheit und festen Bestimmtheit nähern, an

dem man die mathematischen Disziplinen erkennt, während hier die Hypothese keine Stelle mehr einnimmt, weil sich alles, ohne daß man ihrer bedarf, zur vollen Zufriedenheit der Vernunftforderungen gestaltet, bleiben auf den anderen Gebieten die empirischen Resultate mit der ihrer Verknüpfung und Systematisierung dienenden Hypothese zusammen. So wie zur Zeit der wissenschaftlichen Renaissance Descartes in den heute, aber nicht damals abgeschlossenen Partien mit kühner Phantasie beschrieb und systematisierte, so beschreibt und systematisiert der moderne Mechanismus, der insofern einem seiner größten Förderer folgt, mit hohem Schwunge der Einbildungskraft auf den Gebieten, die er noch nicht ergründet hat. Er erwartet nicht, alle Elemente vereinigt zu haben, denn nur dadurch, daß er die Beschreibung und Systematisierung wagt, entdeckt er mehr, dringt er tiefer ein, verringert er schrittweise das Wagnis. Aber zum Unterschiede von jenen, die ihn dazu gebracht haben, glaubt er nicht ebenso an seinen Stern und an seine Aussichten; er hält die von ihm erhoffte Ernte nicht schon für eingebracht. Er sucht das Hypothetische klar herauszuschälen, und im Hypothetischen selbst will er seine Irrtumsmöglichkeiten berechnen.

Ein Mechaniker von heutzutage ist an der Rolle, die er der Hypothese beimißt, zu erkennen. Diese ist für ihn kein Hilfsmittel, sondern nimmt bei ihm den Ehrenplatz ein. Er erklärt, nur mit ihr und dank ihr fortschreiten und klar sehen zu können, wo er steht. Er sieht in ihr mehr als ein unvermeidliches Verfahren, als eine fruchtbare Methode; sie ist für ihn eine allgemeine Form der Wissenschaft, ein permanenter Zustand, aus dem gewisse Erkenntnisse nur hervorgehen, um anderen Platz zu machen. Er bekennt sich zur Hypothese mit dem Bewußtsein, der Sache der Wissenschaft so mehr zu dienen als durch Stillschweigen darüber.

Der moderne Mechanismus lebt also von der Hypothese, ja fast ausschließlich von ihr. So ist er denn die wenigst dogmatische Theorie. Seinen Gegnern hält er seine fortwährenden Forschungserfolge, die Menge der um ihn sich scharenden Forscher, die Beobachtungstatsachen, auf denen er mit großer Bescheidenheit seine Berechtigung basiert, entgegen. Boltzmann erklärt am Schlusse eines Vortrages über die Prinzipien der

Mechanik, er könne behufs Zusammenfassung seiner Darlegungen bemerken, alle organischen und anorganischen Vorgänge seien nach einer Seite dank der rationellen Mechanik exakter beschrieben, als in jeder anderen bisherigen Theorie.

Diese Formulierung hat mit allen ihren Einschränkungen nichts Starres, sie stellt eine Tatsache fest und sucht das, was dadurch erlaubt ist, nicht zu überschreiten.[1])

4. Es ist nicht schwer, zu zeigen, wie diese allgemeine Wandlung des Mechanismus sich vollzogen hat. Er ist wie alle übrigen Richtungen der gegenwärtigen Physik streng phänomenalistisch geworden. Dieser absolute Positivismus — wenn ein Relativismus absolut sein kann — ist ein universaler Charakterzug der heutigen Physik. Der Mechanismus trägt kein Bedenken, dies wie alle anderen Richtungen anzuerkennen.

Der „alte Mechanismus" war dogmatisch, weil er metaphysisch war. Er glaubte, die ewige Wahrheit zu erreichen, er vermeinte, das innerste Wesen der physischen Prozesse zu erfassen, ganz wie der traditionelle Spiritualismus (dessen gewöhnliche Ergänzung er war) die Anschauung des Wesens der Seele zu haben behauptete. So ist das, was uns die Physik des 17. und 18. Jahrhunderts zu geben sucht, nicht ein analytisches Bild der materiellen Erscheinungen, sondern eine vollständige, integrale Erklärung der Natur. Die vorhin angeführten Ausdrücke und Behauptungen, welche den dogmatischen Charakter des Mechanismus darlegen sollten, ließen sich hier wiederholen, um dessen metaphysischen Charakter zu zeigen.

Der Begriff der Ursache hatte eine substantielle Bedeutung, folglich auch der Begriff des Naturgesetzes. Eine Erscheinung erklären hieß, sie auf substantielle Elemente zurückführen, welche durch ihre Wirkungen und Wechselwirkungen die Erscheinung buchstäblich erzeugten. Der Mechanismus betrachtete den physischen Vorgang als Resultante mechanischer Prozesse (Bewegungen und Kräfte). Die mechanistische Erklärung war also eine Zurückführung auf mechanische Vorgänge und Eigenschaften.

Die Überzeugung der Kritiker des Mechanismus geht dahin, daß diese Erklärung immer noch dieselbe ist oder daß sie die

---

[1]) Boltzmann, Die Prinzipien der Mechanik, Leipzig, 1903, S. 35.

ständige, wenn auch eingeschränkte Tendenz dazu hat. Protestiert ein Physiker gegen diese Metaphysik, so beeilt man sich, zu erklären, er sei kein Mechanist mehr oder widerspreche sich. Und die meisten Argumente gegen den Mechanismus sind solche, welche die Aufzeigung der bewußten und unbewußten Metaphysik im Mechanismus bezwecken. In dieser Hinsicht ist die Arbeit Stallos über „Die Materie und die moderne Physik" sehr beachtenswert. Stallos Methode besteht in der Aufsuchung dessen, was er die konstanten Ursachen des Irrtums des metaphysischen Geistes nennt, und in der Darlegung dessen, daß der Mechanismus tatsächlich das Ergebnis aller dieser Ursachen sei; er soll gleichsam den pathologischen Idealfall der metaphysischen Entstellung des Denkens, das metaphysische Ungeheuer par excellence darstellen.

Aber der moderne Mechanismus faßt nur Phänomene ins Auge, und die von ihm vorgeschlagene Systematisation ist eine Ordnung der Sukzession oder Koexistenz in der phänomenalen Erfahrung.

Die Zurückführung eines komplexen Phänomens auf ein einfacheres ist die Konstatierung (oder, wo noch keine empirische Verifikation stattfand, die Annahme) einer Beziehung, eines Verhältnisses zwischen diesem komplexen und dem einfacheren Phänomen. Die Erklärung ist durchaus relativer Art, insofern sie stets nur einer Relation, niemals einer substantiellen, produktiven, bewirkenden, materiellen Ursache gegenübersteht. Sie stellt nur eine wirkliche oder mögliche Verknüpfung zwischen wirklichen oder möglichen Wahrnehmungen her.

Das ist alles. Mehr will der moderne Mechanismus nicht sagen; unter dieser Bedingung allein bleibt er seinem empirischen Ausgangspunkt treu und gewährleistet er die objektive Gewißheit der Wissenschaft, indem er jede Berufung auf eine absolute „Natur der Dinge" vermeidet. Denn sobald man die Erfahrungstatsachen verläßt, führt man mit den dialektischen Phantasien alle Möglichkeiten des Zweifels und der Kritik ein.

Alle Sätze des Mechanismus sind demnach nicht im dogmatisch-substantiellen, sondern im phänomenalistisch-relativistischen Sinne aufzufassen.

5. a) Man wird sich nun gewiß fragen, welcher Unterschied

dann noch zwischen Energetik und Mechanismus besteht; denn wir haben nicht vergessen, daß auch die Energetik phänomenalistisch ist. Die Wissenschaft, sagt Mach gern, ist eine Phänomenologie. Nun gibt sich auch der Mechanismus als eine solche, und wenn die Energetik eine Beschreibung der Phänomene ist, so ist es der Mechanismus nicht minder. Dies gilt mit Fug und Recht.

Noch mehr. Der Mechanismus der Gegenwart, der sich als empirischer Phänomenalismus darstellt, unterscheidet sich nicht wesentlich von den anderen Richtungen der Physik. Man gelangt dann zu dem wichtigen Ergebnis, welches ich weiter unten, wo ich die Lehren dieser historischen Untersuchung betrachte, weiter darlegen werde. Es gibt einen allgemeinen Geist der zeitgenössischen Physik. Und man kann mit Kant sagen: das ist die theoretische Physik. Sie entwickelt sich mit den Fortschritten der Wissenschaft, aber in geradliniger Richtung, indem sie sich ergänzt, nicht durch Selbstzerstörung, indem sie die Einstimmigkeit der Physiker stets wieder herstellt. Sie zielt auf eine rationale Organisation der Erfahrung ab und gelangt mählich dazu. Dieses Ergebnis berührt in höchstem Grade das Problem der Objektivität der Physik und wird uns die festesten Grundlagen für eine Induktion in der Richtung einer endgültigen Lösung darbieten.

b) Gibt es aber auch eine natürliche, vielfach gemeinsame Grundlage für alle Auffassungen der Physik, löst sich diese von der Verschiedenheit der Tendenzen, welche von jeder Form menschlicher Tätigkeit unabtrennbar ist, ungefähr so ab, wie eine bestimmte Entdeckung sich von den wiederholten Generalisationsbemühungen ablöst, so bleibt es doch auch wahr, daß die Tendenzen verschieden sind, daß ihre individuellen Nuancen vom Historiker zu verzeichnen sind; denn sie sind sehr lehrreich für die Erkenntnis der Entwicklungsfaktoren und für die künftige Voraussicht. So nahe also auch der „neue Mechanismus" durch seinen Phänomenalismus, durch seinen beschreibenden Charakter der Energetik steht, so weicht er doch von ihm in anderer, nicht zu vernachlässigender Beziehung ab.

Die Energetik nimmt nicht in Bausch und Bogen an, daß die theoretische Systembildung einzig und allein durch die Er-

fahrung geleitet werde. Nach ihr ist die Systembildung wesentlich von den Bedürfnissen des Geistes und der Erkenntnis abhängig. Bei Mach spielt das Prinzip der Denkökonomie eine wichtige Rolle, und dieses Prinzip leitet alle Vertreter der energetischen Richtung. Wenn Ostwald meint, die Zeit des Atomismus sei vorüber, so geschieht dies deswegen, weil er findet, daß die Theorien, zu denen man gelangt, wenn man die Gesetze der Experimentalphysik mit den atomistischen Konstruktionen in Einklang bringen will, zu kompliziert sind. In dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft findet hier eine unnütze Kraftverschwendung statt. Die Systematisierung hat sich solcher Mittel zu bedienen, welche dem Geiste als die bequemsten, leichtest zu handhabenden erscheinen, vorausgesetzt, daß alle empirischen Ergebnisse berücksichtigt werden, da diese für Ostwald wie für Mach und alle Energetiker eine objektive Invariante bedeuten. Die kritische Richtung räumt zwar der Erfahrung bei der Ausarbeitung der Prinzipien einen größeren Platz ein, deutet sie aber auch in gewissem Maße als Funktion des Geistes und seiner Bequemlichkeiten.

In dieser Beziehung bleibt der Mechanismus unentwegt und bewahrt seinen strengen, schlichten Objektivismus. Ich zeigte, daß er nur deshalb keines Umweges zur Begründung der Objektivität der theoretischen Physik bedarf, weil er keinerlei störende Zutat zu den Ergebnissen der Erfahrung zuließ. Der Geist ist ein Registrator, und sowie er dies nicht mehr ist, betritt er das Gebiet der Hypothese. Dieses Gebiet aber grenzt an das der Erfahrung und darf von ihm durch keine Schranke getrennt werden. Die mechanistische Hypothese betrachtet die Intervention des Geistes nicht als definitiv, sondern nur als provisorisch. Gewißheit im strengen Sinne des Wortes gibt es nur in den Ergebnissen der Erfahrung, und die Systematisierung muß selbst ein Resultat der definitiven Erfahrung sein, wenn sie unmittelbar aus den Beziehungen entspringt, welche die Erfahrung darbietet, hypothetisch hingegen, soweit diese Beziehungen nur angenommen und noch nicht durch die Erfahrung verifiziert sind. Selbst in seinen am meisten konjekturellen Partien bewahrt also der Mechanismus durch seine völlige Unterordnung unter die Erfahrung seine Eigenart. Sein Phänomena-

lismus läßt keinen wirksamen Verkehr des Geistes mit der Erfahrung, durch den diese in gewissem Maße modifiziert wird, zu, sondern er beschränkt sich auf die genaue Beschreibung der Erfahrung.

Hier könnte noch ein Mißverständnis Platz greifen, und man könnte finden, der Mechanismus werde in diesem Punkte seiner phänomenalistischen Denkweise untreu. Ist nicht die Erscheinung, wird man sagen, per definitionem das Produkt des Zusammenwirkens des Geistes und der äußeren Erfahrung? Gibt man die Relativität der Erkenntnis zu, dann nimmt man auch an, daß sich die Erkenntnis innerhalb des Geistes vollzieht, daß sie der geistigen Organisation unserer Rasse, dem Gattungsinstinkt unterworfen ist, kurz, daß sie menschlich ist. Die Erkenntnis ist relativ, weil sie das Ergebnis einer Beziehung zwischen den an sich unbekannten Dingen und dem an sich unbekannten Geist ist. Beseitigen wir die Mitwirkung des Geistes, so fallen wir in einen immanenten Dogmatismus zurück. Nur die Energetik, welche phänomenalistisch ist, wäre dann konsequent.

Dies würde aber der Mechanismus, der keine Erkenntnistheorie treibt, weil er dies nicht für das Amt der Physik hält, wohl zugeben. Ihm sind die Theorien des Erkennens gleichgültig. Ob nun die Erscheinung aus einem Zusammenwirken des Geistes und der Dinge entspringt oder nicht, tut nichts zur Sache: sie ist das Urdatum, das einzige Gegebene, die Erfahrung. Sie ist das, was wir durch die Erkenntnis, durch die Wissenschaft zu erfassen und zu umfassen suchen. Sie ist es, worauf unser Denken in seiner wissenschaftlichen Arbeit einwirkt. Und der Mechanismus fordert, daß diese Tätigkeit zweiter Potenz ihren Produkten nichts aus Eigenem hinzufügen darf, während die Energetik und die kritische Richtung wollen, daß sie ihnen stets etwas hinzufügt.

c) An diesen Unterschied knüpft sich ein weiterer. Die Energetik ist wesentlich das, was Poincaré in seiner Charakteristik einer Phase der Entwicklung der Physik eine Physik der Prinzipien nennt. Es liegt ihr nichts daran, zu einer anschaulichen, bildlichen Vorstellung der Erscheinungen zu gelangen, eben weil sie der Ansicht ist, daß das Gerüst der Theorien von den Bedürfnissen des Denkens vielmehr abhängig ist als von

der sinnlichen Erfahrung. Die Systematisierung erfolgt demnach vermittelst Begriffe, durch die der Geist die Erscheinungen in bequemer Weise zu handhaben sucht, und diese Begriffe oder Prinzipien werden zwar mit Hilfe der Erfahrung, aber auch im Hinblick auf die leichte Verwendung durch den Geist aus den Erfahrungsdaten gebildet. Der Mechanismus hingegen stützt seine Theorie auf anschauliche Elemente, die er entweder der Erfahrung entnimmt oder die er annimmt und von denen er glaubt, sie werden sich eines Tages als mögliche Erfahrung realisieren lassen. Stets wird also eine anschauliche Vorstellung die Basis der mechanistischen Theorien bilden, ihre Bildlichkeit muß der Einbildungskraft etwas sagen, und der abstrakte Gedanke ist hier, wie im strengen Nominalismus, nur ein Symbol, ein Papiergeld, dessen Gebrauch nur dann zu dulden ist, wenn ihm ein Wahrnehmungsfond entspricht. Das Intelligible hat nur durch das Sinnliche, von dem es untrennbar ist, Wert.

d) Wir kommen nun zu dem Boden, auf dem die Energetiker und die Mechanisten einander bekämpfen und kritisieren, und fragen: welches sind die anschaulichen Grundlagen der mechanistischen Theorie? Es sind dies die Widerstands- und Bewegungsempfindungen. Jede mechanistische Theorie führt uns auf Ausdrücke der Ausdehnung (Descartes) oder der Undurchdringlichkeit, des Widerstandes (Leibniz-Newton). Und warum? Ich sagte es bereits: weil alle Erfahrung schließlich auf Messungen zurückführt. Eine Messung ist eine Veränderung der Ausdehnung, eine Ortsverschiebung, eine Bewegungsempfindung. Eine Bewegungsempfindung ist fast immer an ein Merkzeichen geknüpft, welche eine Widerstandsempfindung mit sich bringt; durch diese Empfindung schätzen wir die sich vollziehende Bewegung und deren Kraft. Alle Erfahrung führt uns, wenigstens bisher und wir dürfen wohl annehmen auch in Zukunft, zu mechanischen Vorgängen. Fügt man diesem Grunde noch den weiteren, ihn notwendig ergänzenden Grund hinzu, daß die einfachen und daher auch zuerst untersuchten Naturphänomene die Bewegung und alles damit Zusammenhängende waren, daß man sodann die unbekannten Prozesse dadurch erkannt hat, daß man sie auf die zuerst bekannten zurückführte, so ergibt sich daraus der Schluß, daß die Systematisierung, zu welcher eine Theorie, welche der

Abklatsch' der Erfahrung sein will, gelangen mußte, eine mechanistische Systematisierung ist. Deshalb bleibt der phänomenalistische Mechanismus ein Mechanismus und beginnt, sich von der Energetik zu differenzieren, wenn er sich auch in anderer Hinsicht dieser Theorie in eigenartiger Weise genähert hat, wenigstens im Vergleich zum traditionellen Mechanismus.

6. Ferner ist die Weise, wie der moderne Mechanismus die Physik mit der reinen Mechanik verknüpft, eigenartig. Diese Eigenart bedeutet den dritten großen Unterschied zwischen dem Mechanismus der Gegenwart und älteren Formen desselben.

Bisher pflegte man bei der Definition des Mechanismus Mechanismus und Dynamismus einander schroff entgegenzusetzen. Dieser Gegensatz führte zu vielen Schwierigkeiten und entsprach nicht der wissenschaftlichen Wirklichkeit. Denn der Mechanismus ist etymologisch die Systematisierung, welche die Vorgänge im Anschluß an die der Mechanik erklärt. Nun hat aber die Mechanik seit Newton den Kraftbegriff ebenso wie die Begriffe der Masse und der Bewegung.

Freilich hat bei Newton der Kraftbegriff keinerlei metaphysische Bedeutung. Er bezeichnet damit nur einen notwendigen Koeffizienten für die Theorie der Bewegung, oder genauer, die Bezeichnung eines Vektors.

Da aber die Physiker ihren Theorien einen metaphysischen Sinn zu geben sich veranlaßt sahen, da, wie wir sahen, der „alte Mechanismus“ dogmatisch und metaphysisch war, so folgt daraus, daß man bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts unter allen von ihm gebrauchten Ausdrücken Wirklichkeiten suchte. Man begnügte sich nicht mit der Beschreibung der Ordnung der Erscheinungen, sondern wollte, von der absoluten Wirklichkeit ausgehend, dieselbe völlig erklären. Der ältere Mechanismus war nicht eine Vorstellung — und zwar die einzig mögliche, wenn die Dinge einerseits, der Geist andererseits gegeben sind — sondern die exakte Analyse der Dinge. Folglich waren alle Prinzipien und Elemente der Mechanik die Prinzipien und Elemente der Dinge; man machte sie unabhängig von allen der Notwendigkeit der Erkenntnis und Vorstellung entnommenen Bedingungen.

Es ergab sich daraus das Folgende: Die Masse oder Quantität der Materie war etwas Tast- und Sichtbares. Man konnte sie

als so seiend auffassen, wie sie sich in der Wahrnehmung darstellt. Das Gleiche gilt für die Bewegung, aber die Kraft? Stand man da nicht vor einem rein subjektiven Begriffe? Konnte man sich die Kraft in tast- und sichtbarer Form vorstellen, sie als ein individuelles Ding betrachten? Die Psychologie dieser Zeit kannte nicht die Muskel- oder Bewegungsvorstellung, welche heute in den Theorien der Bewußtseinsentwicklung eine hervorragende Rolle spielt. Der Theorie der fünf Sinne getreu, kannte sie keine anderen; daher konnte sie nicht die muskuläre Kraftvorstellung mit der Vorstellung eines durch undurchdringliche Konturen begrenzten Teiles der Ausdehnung verschmelzen. Für den Mechanismus des 18. Jahrhunderts ist, wenn wir seine Lehren genau erfassen, ein begreiflicher, intelligibler Gegenstand zugleich ein Wahrnehmungsgegenstand. Es gibt nur die Wahrnehmungen der fünf Sinne, und in diesen zeichnen sich nur der Tast- und der Gesichtssinn durch Klarheit aus, ja, fast könnte man sagen, nur der Gesichtssinn, wenn man an Descartes und die Forscher der Renaissance denkt. Wir gelangen unvermeidlich zu dem Schlusse: Der Kraftbegriff muß ein abgeleiteter, sekundärer Begriff sein, die Kraft kann nicht etwas Objektives, nicht ein Ding sein. Der Nominalismus der Mechanisten, ihre Vorliebe für das Empirische, Tastbare, Sichtbare, selbst bei den weniger empiristischen — wie Descartes, dessen physikalische Begriffe insgesamt Gesichtsvorstellungen sind — dies alles mußte in den systematischen Köpfen die Tendenz zur Ausschließung der Kraft aus den Prinzipien und ursprünglichen Elementen des Systems zeitigen. Daher all der Widerstand bei den Kartesianern des 18. Jahrhunderts gegen die Annahme der Newtonschen Mechanik und der Hypothese der Zentralkräfte. Daher der gegenüber Newton erhobene Vorwurf, er wolle die verborgenen Qualitäten wieder einführen, den Nominalismus, die Klarheit und Deutlichkeit, die Begreiflichkeit aufgeben, die mit Recht als endgültige Errungenschaften des modernen Denkens galten. Daher die Irrtümer, die man bei der Deutung des Newtonschen Gedanken häuft.

Die Philosophen, welche per definitionem die systematischsten und am meisten generalisierenden Denker sind, konnten nicht umhin, diese Tendenzen zu bemerken und sie als den klaren Ausdruck des Mechanismus aufzufassen. So nahm denn auch in

der wissenschaftlichen Kritik, welche bis in die jüngste Zeit fast ausschließlich von den Philosophen ausging, und in der Geschichte der Wissenschaften, die sich nur auf diese Kritik zu stützen vermag, der Mechanismus den Sinn einer Lehre an, die sich nur auf die Begriffe der Masse und der Bewegung stützt.

Was den Irrtum verbreitete, war der Umstand, daß die meisten Forscher nie aufhörten, die metaphysischen Folgerungen mit den Ergebnissen der Wissenschaft zu verschmelzen; sie erniedrigten die ersteren zu einer gewöhnlichen Banalität, zu einer Scheuklappenphilosophie herab, welche hinsichtlich gewisser Probleme, besonders jener, welche das Wesen der Erkenntnis und des Geistes betreffen, merkwürdig schlecht unterrichtet war, und verfälschten die letzteren, indem sie mit aller Gewalt das besagen sollten, wozu sie nicht da sind. Alle gaben dem Mechanismus den engsten, dogmatischsten Sinn. Da sie aber so ziemlich die einzigen waren, welche die physikalisch-chemischen Wissenschaften vulgarisierten (niemals hatte dieser Ausdruck einen volleren Sinn), die einzigen, welche der Mehrzahl der Philosophen bekannt waren, so ward der Mechanismus allgemein in dieser Weise aufgefaßt.

Fast alle von uns bisher betrachteten Kritiken des Mechanismus sind durch diese Ausdehnung einer besonderen Tendenz gewisser Mechanisten oder durch diese willkürliche Beschränkung der Lehre stark beeinflußt worden. Man hat die Gattung nach der Art geprüft und kritisiert.[1])

7. Diese Verwechslung bezüglich der mechanistischen Lehre war aber nicht die einzige, denn sie hatte weitere im Gefolge. Da die Bewegung dem gemeinen Denken nur klar erscheint, wenn sie auf feste Elemente bezogen wird, hat sich der Mechanismus zum Atomismus besondert.

Beide Anschauungen vermischten sich im Kopfe gewisser wenig gelehrter Philosophen oder wenig philosophischer Forscher. Der Atomismus wurde der Eckstein des Mechanismus,[2]) wie er in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts dargestellt wurde und wie er noch oft aus zweiter oder dritter Hand dargestellt wird.

---

[1]) Stallo, a. a. O. S. 11 f.
[2]) A. a. O. S. 12.

8. Hier vergißt man, daß der Mechanismus eine mehrere Arten umfassende Gattung ist: die Atomistik, wie sie Stallo schildert; die Physik der Wirbel, wie sie sich in gewissen Anschauungen von Helmholtz und in der Lehre Lord Kelvins findet, die durch die Hypothese der Zentralkräfte ergänzte Atomistik. Die erste betrachtet als unableitbare, elementare Prinzipien die in isolierte Atome gleichartig verteilte Masse und die Bewegung; die zweite: ein bewegtes stetiges Fluidum, wobei durch dessen Wirbelbewegung die Masse gebildet wird; die dritte: Masse, Kraft und Bewegung. Hirn, der die Atomistik bekämpfte und die Zukunft der Physik in einem Dynamismus erblickte, glaubte nicht, von dem Heerwege des Mechanismus abzuweichen, vielmehr diese Straße zu ebenen, ebenso Clausius, gleichfalls ein energischer Verfechter des Kraftbegriffs. Andererseits hatten Kirchhoff, indem er den Kraftbegriff eliminierte, und Hertz, der dies in den von jenem vernachlässigten Gebieten tat und ein adynamisches System ausarbeitete, kein anderes Ziel als die Begründung einer mechanistischen Physik. Ebenso Boltzmann, der nach Maxwell die kinetische Gastheorie läuterte. Helmholtz, und namentlich Lord Kelvin und die übrigen englischen Physiker, ob sie nun eine kontinuierliche oder eine diskontinuierliche Materie annehmen, die Hypothese der Zentralkräfte akzeptieren oder verwerfen, halten sich für Vertreter der rein mechanistischen Tradition. Reine Mechanisten und in gewisser Beziehung noch mechanistischer als alle anderen, ja, die extremsten Vertreter des Mechanismus sind jene, welche mit Lorentz und Larmor eine elektrische Theorie der Materie formulieren und zur Leugnung der Konstanz der Masse gelangen, indem sie aus dieser eine Funktion der Bewegung machen. Alle sind sie Mechanisten, weil sie von wirklichen Bewegungen ausgehen.

Will man den Mechanismus auf eine so strenge Formulierung, auf die der Atomistik der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts beschränken, wie dies noch bei vielen seiner Kritiker der Brauch ist, dann versperrt man sich dem Verständnis des Mechanismus der Gegenwart, seines Phänomenalismus, seines Relativismus, seiner Schmiegsamkeit, seines wahren Gesichtspunktes.

Zu welchen Widersprüchen und Verwechselungen wird man

nicht durch diese willkürlich beschränkte Betrachtungsweise geführt! Gelangt nicht Stallo, dessen Schrift überall als treue Darstellung der modernen Physik zitiert wird, in den ersten Kapiteln seiner Darstellung zu erstaunlichen Diskordanzen? Der Mechanismus soll den Kraftbegriff ausschließen, und im ersten Kapitel, welches dieser Begriffsbestimmung des Mechanismus gewidmet ist, finde ich in den Zitaten aus mechanistischen Arbeiten fast überall Abweichungen von dieser Begriffsbestimmung durch die ausdrückliche Zulassung des Kraftbegriffs.

9. Was bleibt denn als wesentlicher Charakterzug des modernen Mechanismus bestehen? Folgendes: Die theoretische Physik muß mit der Mechanik in Verbindung bleiben und sich auf den Bewegungsbegriff gründen, im Einklang mit den Prinzipien der Erklärung der Bewegung. Jeder physikalische Vorgang läßt sich demnach mit Fug durch eine Anordnung wahrnehmbarer Bewegungen (durch eine wirkliche oder mögliche Erfahrung gegeben), durch einen Mechanismus darstellen. Diese Darstellung ist nicht bloß möglich, sondern notwendig. Und ich glaube, es ließe sich bei einer geschichtlichen Übersicht über die physikalisch-chemischen Wissenschaften zeigen, daß der Mechanismus, wie schon sein Name anzeigt, niemals etwas anderes bedeutet hat. Nur haben historische Zufälligkeiten, die Fortschritte der Mechanik selbst, die Schroffheiten der Forscher und jener, welche in ihrem Namen sprachen, zuweilen den Sinn des Begriffes „Mechanismus" verändert.

Heute aber, seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts, ist dieser Sinn nicht mißzuverstehen. Die Mannigfaltigkeit der Hypothesen und Anschauungen, die sich im gegenwärtigen Mechanismus zugleich mit der Einheit der allgemeinen Denkweise findet, sein Widerstand gegen den metaphysischen Dogmatismus und Realismus, berechtigen nur zu dieser Definition: Der Mechanismus ist jene Theorie, welche die physikalisch-chemischen Wissenschaften im Zusammenhange mit der Mechanik betrachtet, als gegründet auf die Vorstellung der Bewegung, welche, abstrakt genommen, der Gegenstand der Mechanik ist. Noch einfacher ausgedrückt, ist der Mechanismus die Theorie, welche die (physikalisch-chemischen) Vorgänge als durch Bewegungen (Mechanismen) adäquat darstellbare Prozesse betrachtet.

Welches sind die Konsequenzen dieser Definition? Sie enthält sämtliche Merkmale, welche das Wesen des Mechanismus zu konstruieren schienen: Sinn für die Erfahrung und die Begreiflichkeit, für die Wahrnehmungstatsache und die klare und deutliche Definition; sodann Fortschritt vom Bekannten zum Unbekannten und von Tatsache zu Tatsache; Zurückführung der Naturprozesse auf die Einheit, Ersetzung des qualitativen durch den quantitativen Gesichtspunkt; Notwendigkeit anschaulicher Hypothesen, dies alles ließe sich aus unserer Definition ableiten.

10. Schon Pascal bemerkte in seiner Darlegung der Prinzipien der mechanistischen Theorie: „Wir müssen alles in allem sagen, es geschieht dies durch Gestalt und Bewegung. Welche es aber sind und die Maschine zusammensetzen, ist lächerlich zu sagen, weil nutzlos, ungewiß und mühsam." Dieser, von den Gegnern des Mechanismus so häufig gegen den Mechanismus zitierte Satz präzisiert, was der zeitgenössische Mechanismus sein will, planmäßig bei manchen Forschern, unbewußt bei den anderen. Man hat allgemein die Hoffnung aufgegeben, zu einer absoluten Erkenntnis der Dinge zu gelangen, eine ehemals von den atomistischen oder Kartesianischen Metaphysikern gehegte Hoffnung.

Nicht nur hat der Relativismus unsere Ansprüche auf die Erkenntnis des Geschehens eingeschränkt, er hat auch dieser phänomenalistischen Systematik, die nichts anderes sein will, sehr bedeutsame Züge verliehen.

a) Zunächst ist sie die weite Verschiebung einer endgültigen Systematisierung. Niemand glaubt mehr, wir hätten die Materie in ihrer absoluten, unmittelbaren Realität erreicht, niemand erhebt daher den Anspruch, die Natur selbst mittelst der uns zugänglichen Elemente nachzubilden. Daher kann auch niemand annehmen, daß die Elemente, zu denen uns der gegenwärtige Stand der Wissenschaft beständig führt, notwendige und zureichende Bedingungen einer definitiven Systembildung seien. Die dunkle Region ist so ausgedehnt im Vergleich mit der halbdunklen, diese wieder im Verhältnis zum beleuchteten Umkreis, daß es Wahnsinn wäre, von einer unabänderlichen Theorie zu sprechen.

Dies ist aber wohl zu verstehen. Wenn z. B. die neuen Hypothesen von Lorentz, Larmor und Langevin[1]) infolge

[1]) „Gase und Dämpfe senden unter gewissen Bedingungen Licht-

gewisser empirischer Übereinstimmungen eine genügend feste Basis zur Stütze der physikalischen Systematisierung bekämen, dann würden sicherlich die Gesetze der gegenwärtigen Mechanik nur noch Abhängige der elektromagnetischen Gesetze sein; sie würden einen Spezialfall derselben innerhalb wohl bestimmter Grenzen darstellen. Die Konstanz der Masse, unser Trägheits-

---

strahlen aus; beim Durchgange durch ein Prisma zerlegt, teilen sie sich in eine bestimmte Anzahl von Linien (Spektrallinien, deren Farbe, Menge und Stellung für die Natur des Gases oder des Dampfes, von dem sie ausgehen, charakteristisch sind). Diese Linien sind für den Wasserstoff, den Eisen- oder Kupferdampf verschieden.

Zur Erklärung dieser Lichtausstrahlung, die für verschiedene Atome verschieden ist, haben der holländische Physiker Lorentz und sodann der englische Physiker Larmor das Atom als eine ebenso komplexe, relativ ebenso große Welt wie das Sonnensystem angesehen. Folgende Vorstellung vom Atom ist die ihre: Im Zentrum ein mit positiver Elektrizität geladener Kern, um welchen kleine mit negativer Elektrizität geladene Körper kreisen, wie die Planeten um die Sonne sich drehen. Die Rotation dieser Körperchen teilt dem umgebenden Äther die Lichtschwingungen jedesmal dann mit, wenn durch eine äußerliche Ursache ihr Übergang leicht gestört ist. Die Periodizität der so ausgesandten Lichtschwingung ist dieselbe wie die der rotierenden Bewegung jener Körperchen um das Atomzentrum. Da die Periodizität der Lichtschwingung sehr genau bekannt ist, so kennt man ebenso die Dauer der Umdrehung des Körperchen, dem sie entspringt, denn die beiden Größen sind einander gleich. Die Anzahl der Umdrehungen dieser Körperchen um den Zentralkern des Atoms ist abhängig von ihrer Entfernung von diesem, ist also in demselben Atom je nach dem in Betracht kommenden Körperchen variabel. Durchschnittlich beträgt sie 500 Trillionen in der Sekunde. Ich weiß nicht, ob man sich eine rechte Vorstellung von der Größe dieser Zahl macht: sie ist gleich 8330mal der Sekundenzahl, die seit Christi Geburt bis jetzt verflossen ist."

„Die Gesetze der Elektrizität erklären nun diese ungeheure Rotationsgeschwindigkeit durch die Annahme, daß diese Körperchen dieselbe Masse und elektrische Ladung wie das in den Kathodenstrahlen befindliche Korpuskel haben."

„Man konnte sich eine Vorstellung von der Dicke eines Korpuskels und von seiner durchschnittlichen Entfernung vom Atommittelpunkt machen. Man fand, daß, wenn man als Längeneinheit den Durchmesser eines als sphärisch angenommenen Korpuskels nimmt, die durchschnittliche Entfernung dieser Korpuskel vom Atommittelpunkt ungefähr durch dieselbe Zahl wie die Entfernung der Erde von der Sonne ausgedrückt wird, wobei als Längenheit der Erddurchmesser gilt. So sind die Korpuskeln im Verhältnis zu ihrer Dicke ebenso weit vom Atomkern ent-

prinzip wären dann nur für mittlere Geschwindigkeiten gültig, wobei der Ausdruck „mittlere“ in Beziehung zu unseren Sinnen und zu den Inhalten unserer allgemeinen Erfahrung zu nehmen ist. Eine allgemeine Umgestaltung der Mechanik wäre die Folge, und daher auch eine Umgestaltung der physikalischen Systematisation.

---

fernt als die Planeten vom Sonnenzentrum. Wir sehen die Richtigkeit des Vergleichs des Sonnensystems mit dem Atomsystem.“

„Die Anzahl der Korpuskeln, welche um den Atomkern gravitieren, ist groß. Das Wasserstoffatom, das deren am wenigsten enthält, zählt ihrer wahrscheinlich zwischen 1000 bis 2000. Die Atome der anderen Elemente enthalten ihrer eine ihrer Masse proportionierte Menge. Die Elemente von relativ großer Masse, wie das Uran- oder Radiumatom, besitzen ihrer wahrscheinlich mehr als 300000.“

„Das Korpuskel ist stets das gleiche, stamme es nun vom Eisen-, Kupfer-, Wasserstoffatom usw. Möglicherweise ist auch der positive Kern aus Teilchen zusammengesetzt, die in allen Arten von Atomen gleichartig sind. Dann würden die Atome nicht durch ihren Grundstoff, sondern durch die positive Menge positiver Materie oder positiver Elektronen sowie durch die Anzahl und Anordnung der Korpuskeln oder negativen Elektronen sich voneinander unterscheiden. So kann die Korpuskulartheorie zur Einheit der Materie führen, zu jener den philosophischen Geistern so werten Idee; doch ist diese Einheit nicht vollkommen, denn sie setzt zwei grundverschiedene Stoffe voraus: das positive Elektron und das von einer Ladung negativer Elektrizität untrennbare negative Elektron. Aber diese kleine Komplikation würde eine andere, wichtige Vereinfachung im Gefolge haben: die beiden Stoffe würden mit den beiden Elektrizitäten selbst verschmelzen.“

„Eines der bedeutsamsten Ergebnisse der Korpuskulartheorie endlich ist dem deutschen Physiker Abraham zu verdanken. Er hat gezeigt, daß die Trägheit, diese Grundeigenschaft der Materie, die seit Galilei bekannt ist, eine notwendige Folge des Prinzips der Erhaltung der Energie und der bereits früher bekannten elektromagnetischen Gesetze ist, wenn das Atom aus elektrischen Körperchen besteht, die im Verhältnis zu ihrer Dicke sehr weit voneinander entfernt sind, d. h. wenn das Atom genau so konstituiert ist, wie dies die früheren Bedingungen erwarten lassen. Auf diese Weise scheint die Masse der Materie völlig die Funktion eines elektromagnetischen Prozesses zu sein. Das Grundgesetz der Erhaltung der Masse, welches sich in allen Arten von Vorgängen, ob sie nun chemisch, physikalisch oder mechanisch sind, überall genau wiederfindet, ist dann nur ein Korollar der Erhaltung der Energie.“

„Weit entfernt, die Erklärung der elektrischen und magnetischen Vorgänge in den Gesetzen der rationellen Mechanik zu suchen, wie dies so oft vergeblich versucht worden ist, scheint es jetzt notwendig, viel-

Wäre dann der Mechanismus aufgegeben? Keineswegs. Die rein mechanistische Tradition würde nach wie vor eingehalten werden, und der Mechanismus würde die normalen Bahnen seiner Entwicklung verfolgen.

Zunächst fänden, innerhalb gewisser Grenzen, die Gesetze der gegenwärtigen Mechanik ihre weitere Anwendung; sie würden die von ihnen beherrschten Vorgänge nach wie vor beherrschen. Nur durch eine Reihe verallgemeinernder Ausdehnungen der gegenwärtigen Mechanik, die durch die von ihr veranlaßten Entdeckungen ermöglicht werden, durch die Erklärungsversuche, die von ihr ausgingen, durch ihre normale Zukunft, ausgehend von den ersten Elementen, die sie aufstellte und die es historisch sein mußten, weil sie die einfachsten Fälle zusammenfaßten, hätte man sich zu dieser neuen Systematisation erhoben. Endlich bliebe der Begriff der Bewegung stets das Zentrum des neuen Gebäudes. Der Begriff der Bewegung? Genauer hieße es, die Vorstellung der Bewegung, denn es handelt sich um anschauliche Bilder, nicht um abstrakte Begriffe.

Die Elektronenphysik ist eine bildliche, kinetische Theorie.

---

mehr die Gesetze der rationellen Mechanik aus dem Elektromagnetismus abzuleiten. Die Mechanik hätte dann weitere und auch festere Grundlagen."

„Aus der Theorie von Max Abraham folgt, daß die Masse eines Körpers nur dann von dessen Geschwindigkeit unabhängig ist, wenn diese im Verhältnis zu der des Lichtes gering ist. Dies gilt für alle bisher in der Mechanik untersuchten Geschwindigkeiten, auch für die der Planeten. Nähert sich aber die Geschwindigkeit der des Lichtes, dann nimmt die Masse mit der Geschwindigkeit zu und strebt ins Unendliche, wenn die Geschwindigkeit sich der des Lichtes unendlich nähert; daher kann ein Körper niemals mit gleicher oder größerer Geschwindigkeit als das Licht sich bewegen."

„Diese Konsequenz der Theorie Abrahams wurde durch die Erfahrung bestätigt. Von radioaktiven Körpern gehen Korpuskeln aus, welche denen der Kathodenstrahlen in jeder Hinsicht gleich sind. Man hat ihre Geschwindigkeit und ihre Masse durch die angegebenen Operationen messen können und hat für diese Korpuskeln verschiedene Geschwindigkeiten gefunden; für manche erreicht die Geschwindigkeit $^{95}/_{100}$ der Lichtgeschwindigkeit. In dem Maße nun, als die Geschwindigkeit zunimmt, findet man, daß auch die Masse größer wird und zwar konform den aus der Theorie Abrahams sich ergebenden Zahlen" (H. Pellat, Le nouvel état de la matière, Revue scientifique, 29. April 1905, S. 518, 519).

Sie bleibt im Zusammenhange mit der Mechanik, weil sie ihren Gegenstand für gleichartig mit dem der Mechanik hält. „Es ist eine mechanische Theorie, denn sie führt Kräfte, Ortsveränderungen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen in den analytischen Formen der rationellen Mechanik ein. Aber es ist eine verallgemeinerte Mechanik, denn hier sind die Trägheit und die lebendige Kraft nicht mehr an ponderable Massen geknüpft, und die Mechanik der schwereren Körper wäre nur ein Spezialfall derselben."[1]) Der Mechanismus entwickelt sich gleichzeitig mit der Veränderung der Erklärung der mechanischen Vorgänge durch die Erfahrung.

Der neuere Mechanismus zieht also die äußersten Konsequenzen aus der Logik seines Empirismus. Je weiter man sich von den Einzeltatsachen entfernt, desto mehr müssen die Generalisationen einen hypothetischen, vagen, mehr oder weniger unsicheren Charakter annehmen. Fest bleibt nur die Erfahrung; schwankend werden die Generalisationen, die wir auf Grund der Erfahrung, aber durch Überschreitung dessen, wozu sie streng genommen berechtigt, infolge der Erfordernisse der heuristischen Methode versuchen müssen. Wenn man also behauptet, in einem immer umfassenderen Kreise dieselbe privilegierte Erfahrung zu finden — der normale Weg der Generalisation der Erfahrung zu einem Prinzip — vervielfältigt man die Interpolationen und damit die Hypothesen und vorzeitigen Behauptungen. Ein Prinzip ist nur innerhalb der Grenzen der Erfahrungen gefestigt, welche dessen stets weniger, als die Theorie (also die Hypothese) es verlangen möchte und muß, ausgedehnte Bedeutung begründet haben, um wissenschaftlich fortzuschreiten. Daraus erklärt sich neben der Festigkeit des Prinzips im engeren, streng empirischen Sinne das unvermeidliche Risiko jeder allgemeinen Theorie und der erheblichen Zutaten der Hypothese zur Erfahrung; daher auch die beständigen Modifikationen der Theorien und zuweilen deren völlige Erschütterung. Ein einziges Hauptmerkmal bleibt in allen diesen Wandlungen erhalten: stets verwendet die mechanistische Theorie bildliche, anschauliche, der Bewegungsvorstellung

---

[1]) Lippmann, Vorwort zur „Die moderne Theorie der physikalischen Vorgänge" von Righi, S. 4.

entnommene Elemente; diese Vorstellung ist die quantitative Anschauung der Veränderung, und sie ist daher stets mit der Mechanik verknüpft.

b) Die innere Logik seiner phänomenalistischen Reform hat den Mechanismus eines anderen Merkmals beraubt, welches aus dem früheren entspringt und ebenso beachtenswert ist. Die physikalische Systematisation wurde im alten Mechanismus sehr weit getrieben. Pascal spart nicht mit seinen Scherzen über jene, welche die barocken Hypothesen über die Konstitution der Materie vermehren, indem sie auf einem so unerforschten Gebiete uns die Illusion fast definitiver und vollständiger Begriffe zu geben suchen. Die innerste Struktur der Erscheinungen, die mit Präzision und vollständig angegeben wurde, war nicht bloß zu Pascals Zeit ein Mythus, sondern ist es heute noch. Weniger denn je darf die Mythologie einen Teil der Wissenschaft bilden. Es ist begreiflich, daß sie in einer Zeit, da man glaubte, die Wissenschaft könne unser Verlangen nach dem Absoluten befriedigen, einigen Reiz haben konnte. Die mechanistische Mythologie war eine fast notwendige Folge dieses stolzen Anspruches. Heute aber, in dem neuen, viel bescheideneren Mechanismus wäre sie ein Unsinn oder widersinnig.

Er gesteht denn auch unumwunden, daß die Systematisierung nur den Wert und den Sinn hat, die allgemeinsten Grundzüge der Ordnung der Phänomene darzustellen. Es handelt sich nicht mehr um die Konstruktion einer der objektiven Wirklichkeit konformen Natur, nicht einmal um die Konstruktion einer der phänomenalen Wirklichkeit konformen Natur. Vielleicht wird ein solches Unternehmen einmal möglich sein, gegenwärtig wäre es aussichtslos. Es handelt sich bloß darum, diese Konstruktion so gut als möglich vorzubereiten. Man wird sich daher an die Grundlinien halten, welche uns eine beständig erhärtete Erfahrung, beständig fruchtbare Hypothesen, zu entwerfen gestatten. Man wird sich eine ganz schematische Vorstellung bilden, welche bloß die Erscheinungen berührt und höchstens dazu taugt, sie zu klassifizieren, deren Erforschung und Entdeckung zu leiten und zu zeitigen. Diese Vorstellung wird besonders darauf abzielen, die Ordnung der Vorgänge nicht durch Fortgang vom Allgemeinen zum Besonderen — diese Ausdrücke

sind ja äquivok — sondern vom Einfachen zum Komplexen, vom Klaren zum Verworrenen, vom Bekannten zum Unbekannten, oder, wenn man lieber will, vom weniger schlecht Bekannten zum bisher Unbekannten fortzuschreiten.

Das mechanistische System gleicht einem Netz mit sehr weiten, möglichst weiten Maschen. Dieses Netz ist schmiegsam genug, um ohne Riß oder gewaltsame Ausdehnung die speziellen Gesetze jeder Art samt den Verbesserungen und Modifikationen, welche sie durch die fortwährenden Entdeckungen erleiden, zu umspannen.

In diesem Netze können auch speziellere (aber sehr konjekturale und durchaus transitorische) Hypothesen, welche nur der Vorbereitung und Entdeckung dienen wollen, zeitweilig Platz finden.

Es paßt sich allen an, denn dazu ward es konstruiert. Solchermaßen können gegensätzliche Hypothesen sehr wohl zur Erklärung verschiedener Phänomene herangezogen werden. Es tut nichts zur Sache, denn die Fortschritte der Wissenschaft werden schon alles ins Gleiche bringen; aber diese gegensätzlichen Hypothesen lassen sich insgesamt aus der allgemeinen Theorie ableiten, denn sie setzen alle die primären Elemente und Prinzipien der Systematisation voraus. So kann z. B. Lodge zwei elektrische Vorgänge mittelst zweier miteinander unvereinbaren Konstruktionen darstellen, aber beide Konstruktionen beruhen auf den Prinzipien der mechanistischen Systematisierung. Ist die eine richtig, kann es die andere nicht gleichzeitig sein, aber momentan wissen wir nicht, welche die richtige ist, und die eine kann es ebenso gut als die andere sein,[1]) ja, alle beide können falsch sein, ohne daß dadurch an dem Systemganzen etwas geändert wird. Diese vergänglichen Konstruktionen, notwendige Hilfen der Theorie, sind die „mechanischen Modelle“; dieser sehr glückliche, von den Engländern erfundene Ausdruck hat in

---

[1]) So schließt auch Frau Curie (Revue scientifique vom 24. November 1906) ihre Antrittsvorlesung nach der Darstellung der von ihr akzeptierten Hypothese betreffs der Quelle der vom Radium ausgehenden Energie mit der Bemerkung, man müsse auch die anderen Hypothesen beachten, da sie bedeutsam und fruchtbar sein könnten.

der Kritik der Wissenschaft ein Los gehabt, das vielleicht nicht immer begründet war.

Was ist denn ein mechanisches Modell? Es ist eine detaillierte, durchaus provisorische Hypothese, die ein Forscher ersinnt, um in dem, was er von einer Erscheinung weiß oder zu wissen glaubt, klar zu sehen, um die darauf bezüglichen Begriffe und Untersuchungen zu ordnen, um Analogien, Assoziationen fruchtbarer Ideen, die bekanntlich die Seele der Entdeckung sind, zu veranlassen. Die Mechanisten glauben, an ihre Untersuchungen nicht anders als durch Schmiedung solcher Hypothesen, solcher Vorstellungssuggestionen gehen zu können.

Viele dieser Modelle sind individuell, sie haben nur für die Phantasie ihrer Schöpfer oder für die Erscheinungen, zu deren Erhellung sie dienten, Wert. Viele andere wieder werden niemals bekannt werden, auf dem Boden der Wissenschaft Fuß fassen, weil der Forscher, der sich ihrer bedient, es nicht für nützlich gehalten hat, uns seine Konstruktionen, Hypothesen, Versuche mitzuteilen. Andere, mehr allgemeine, besser angepaßte, befriedigendere und fruchtbarere Modelle haben in der Geschichte der Wissenschaft eine gewisse Berühmtheit erlangt.

Nun haben die meisten oberflächlichen Vorwürfe gegen den Mechanismus, die mechanistische Wissenschaft, ja gegen die Wissenschaft schlechthin in dem Gebrauche mechanischer Modelle ihren Grund. Man hat die mechanistische Erklärung, den Mechanismus und das mechanische Modell, ja selbst die wissenschaftliche Erklärung und das mechanische Modell identifiziert.

Doch haben die modernen Mechanisten ihre Maßnahmen gegen dieses Mißverständnis vermehrt. Sie haben es sich angelegen sein lassen, zu zeigen, daß diese mechanischen Modelle nichts an sich haben, was ihnen die Rolle der metaphysischen Konstruktionen des älteren Mechanismus zuweist. Wohl ähneln sie ihnen durch ihren allgemeinen Habitus, durch ihr Aussehen; während aber im älteren Mechanismus die Form der bildlichen Elemente, die Verknüpfungen dieser Elemente und ihre Wechselwirkungen die Nachbildung der Natur bis in deren kleinsten Einzelheiten sowie das Eindringen in die Werkstatt der Schöpfung zum Ziel hatten, wollen die Räder und Gelenke der mechanischen Modelle dem Forscher nur eine zeitweilige Unterstützung

bieten, ihm gewisse Eigenschaften und Gesetze der Erscheinungen klar und für die anderen darstellbar machen.[1])

Dies erklärt uns, was es zu bedeuten hat, wenn wir sagen, jede mechanistische Theorie müsse sich auf bildliche Elemente und deren exakten Wert stützen. Es ist für den Mechanismus notwendig, bildliche Elemente zu haben; sowie man aber ins Detail geht, ist es, wenigstens zurzeit nicht, nicht mehr notwendig, daß diese Elemente eher diese als jene Gestalt haben.

c) Im neueren Mechanismus werden die Konstruktionen des älteren durch die mathematische Demonstration der Möglichkeit einer mechanischen Erklärung ersetzt, d. h. durch den analytischen Ausdruck der allgemeinsten Bedingungen, denen diese Erklärung genügen muß, nichts weiter.[2])

Die elektromagnetische Theorie von Maxwell ist, wie Hertz gesagt hat, das System der von Maxwell aufgestellten Differentialgleichungen. Diese den Grundgleichungen der Dynamik analogen Differentialgleichungen sind mit einer mechanischen Nachbildung der elektrischen Prozesse vereinbar; sie lassen eine Vorstellung dieser durch kinetische Bilder voraussehen und erwarten, und dies genügt bei dem gegenwärtigen Zustand der

---

[1]) „Ich glaube, der wahre Sinn der Frage: verstehen wir einen bestimmten physikalischen Vorgang oder nicht? ist der: können wir uns von ihm ein entsprechendes mechanisches Modell bilden? . . . Ich bin nicht eher zufrieden, als bis ich mir ein mechanisches Modell des Gegenstandes machen konnte; kann ich dies, dann begreife ich, kann ich es nicht, so begreife ich nichts" (W. Thomson, Lectures on molecular dynamics, S. 132).

[2]) „Englische Physiker, wie Lord Kelvin in seiner Theorie der Wirbelatome, und Maxwell in seiner Annahme eines Systems von Zellen mit rotierendem Inhalt, die er seinem Versuch einer mechanischen Erklärung der elektromagnetischen Vorgänge zugrunde gelegt hat, haben sich offenbar durch ähnliche Erklärungen besser befriedigt gefühlt, als durch die bloße allgemeinste Darstellung der Tatsachen und ihrer Gesetze, wie sie durch die Systeme der Differentialgleichungen der Physik gegeben wird. Ich muß gestehen, daß ich selbst bisher an dieser letzteren Art der Darstellung festgehalten und mich dadurch am besten gesichert fühlte; doch möchte ich gegen den Weg, den so hervorragende Physiker, wie die drei genannten, eingeschlagen haben, keine prinzipiellen Einwendungen erheben" (Helmhotz, Vorwort zu den „Prinzipien der Mechanik" von H. Hertz, S. XXI f., Gesamm. WW. III, Leipz. 1894).

Wissenschaft, damit sie nach dem Übereinkommen aller Physiker eine mechanistische Theorie der Elastizität begründen.

Der Mechanismus scheint also in letzter Linie durch die Notwendigkeit definiert zu werden, in welche die Erfahrung den Forscher versetzt, auf eine Systematisierung zu rekurrieren, die auf die Bewegung gegründet ist.[1]) Der Hauptgrund für die Geltung dieses wichtigen Satzes ist der:

Das Zeichen eines Naturgeschehens, eines physischen Vorgangs, ist für den Physiker und Mechaniker die Gegenwart oder Möglichkeit einer Arbeit. Die Energie bezeichnet „alles, was sich direkt oder indirekt in Arbeit verwandeln läßt"; die räumlich bewegten schweren Körper, die Wärme, die Elektrizität, die Spannkraft, die chemische Dissoziation oder Verbindung, das Licht, die Radioaktivität, der Schall — das alles vermag mechanische Arbeit zu leisten und, umgekehrt, im Gefolge mechanischer Arbeit zu erscheinen. Die Arbeit ist somit das Element, welches uns die Erfahrung in allen physikalisch-chemischen Vorgängen finden läßt und das wir stets in klarer, deutlicher und zugleich homogener, meßbarer, von einem Falle mit dem anderen vergleichbarer Form finden. Die Arbeit ist ein mechanischer Begriff, stets ist sie eine Bewegung. Daher ist die Bewegung das Element, zu dem uns in jedem Falle, fast ex definitione, die physikalischen Vorgänge in der ganzen Ausdehnung der Erfahrung zurückführen."

„Indem der menschliche Geist die Naturerscheinungen beobachtet, erkennt er in ihnen neben vielen verworrenen, unentwirrbaren Elementen ein klares Element, welches durch seine Bestimmtheit zum Gegenstand wahrhaft wissenschaftlicher Erkenntnisse sich eignet. Es ist dies das geometrische Element, welches auf die Lage der Dinge im Raume sich bezieht und es

---

[1]) Vielleicht wäre es besser, Kinetismus zu sagen. Aber nichts beweist, daß nicht der Begriff der Kraft oder ein anderer Begriff zur Erklärung der Bewegung selbst erforderlich ist. Das Wort „Kinetismus" wurde nun bislang für die Theorien gebraucht, welche alle diese Begriffe eliminieren und nur die reine Bewegung annehmen. Der Kinetismus ist also nur eine Art der Gattung Mechanismus. Wenn auch die modernen Theorien zum Kinetismus neigen, so ist man doch nicht berechtigt, alle Möglichkeiten des Mechanismus in ihm zu vereinigen.



gestattet, sie wenigstens in ideeller Weise vorzustellen, darzustellen oder zu konstruieren. Es besteht aus den Dimensionen und Formen der Körper und Körpersysteme, kurz, aus dem, was man deren „Konfiguration" in einem gegebenen Momente nennt. Diese Formen oder Konfigurationen, deren meßbare Teile Entfernungen oder Winkel sind, erhalten sich bald, wenigstens annähernd, während einer gewissen Zeit und scheinen sogar in denselben Raumgegenden zu verbleiben, um das, was man Ruhe nennt, zu konstituieren, bald wechseln sie unaufhörlich, aber stetig, und ihre Ortsveränderungen sind das, was man räumliche Bewegung oder Bewegung schlechthin nennt."[1])

„Bisher erwuchs die Wissenschaft in ihrem bereits ausgebauten oder auszubauenden Teile dadurch, daß sie von Aristoteles zu Descartes und Newton, von den Qualitäten oder undarstellbaren Zustandsveränderungen zu den Gestalten oder Ortsveränderungen, die sich darstellen oder anschauen lassen, fortschritt."[2])

11. Die mechanistische Erklärung der Gegenwart stellt sich wesentlich als eine deskriptive Systematisierung der Erfahrung dar.

Wenn die physikalisch-chemischen Disziplinen bei dieser Beschreibung mit der Mechanik eine homogene Gruppe bilden, statt sich als eine spezifische Gruppe zu konstituieren, so hat dies darin seinen Grund, daß einerseits die Erfahrung, anderseits die auf diese gestützten, als mögliche Erfahrungen gedachten Hypothesen die Tendenz haben, uns diese Lösung annehmen zu lassen. Die ontologische Anschauung der alten Mechanisten liegt nicht mehr darin. In diesem Sinne wird die Autonomie der Physik respektiert, denn die Physik vereinigt sich mit der Mechanik in einem und demselben Organismus, den ihr eigenen, von ihrem spezifischen Gegenstand herrührenden Erfordernissen gemäß. Die Elektronentheorie beachtet ebenso wie die theoretische Physik Duhems, daß der Mechanismus nur ein Spezialfall der allgemeinen Physik ist.

Wir dürfen jedoch nicht den Unterschied vergessen, daß die

---

[1]) Boussinesq, Leçons synthétiques de mécanique générale, S. 1.
[2]) Boussinesq, Théorie analytique de la chaleur I, S. XV.

Grundlagen der Systematisierungen durch die Vermittlung der menschlichen Kunst bei der Begriffsbildung allgemeine Begriffe, abstrakte Ideen sind. Der Geist hat sie aus den Tatsachen der Erfahrung gewonnen, sie dürfen nur innerhalb der Grenzen und der Kontrolle der Erfahrung gebraucht werden, wogegen im 20. Jahrhundert niemand ankämpfen wird. Aber sie bleiben Gedanken, Begriffe, Ideen. Im Mechanismus hingegen sind die Systemgrundlagen Tatsachen oder wollen es sein. Sie sind empirische, konkrete, besondere Daten, die sich von den anderen physikalisch-chemischen Vorgängen nur dadurch unterscheiden, daß sie sich als notwendige Bedingungen aller übrigen darstellen.

So handelt es sich in der Theorie Duhems nur um die Ableitung der analytischen Formeln der Mechanik, aus denen der Energetik, während in der Elektronentheorie die wahrnehmbaren Bewegungen mittelst anderer wirklich oder potentiell wahrnehmbarer Bewegungen erklärt werden. Es ist wohl zu beachten, daß die letzte Auffassung der Physik mehr als alle übrigen einen unbestrittenen objektiven Wert verleiht. Denn hier, wir wiederholen es, kommt, wenn man diese Prämissen anerkennt, die Frage der Objektivität nicht in Betracht. Sie kann nicht gestellt werden, denn das wäre wider- oder unsinnig.

Alle anderen Richtungen verkünden ebenso wie der Mechanismus die Objektivität der physikalisch-chemischen Ergebnisse, aber erst nach der Diskussion derselben. Ein Problem wurde aufgestellt, und die Lösung erfolgt nicht immer leicht. Anders im Mechanismus, nicht etwa, weil hier das Problem umgangen ist, sondern, weil die Schwierigkeit hier gar nicht besteht.

Hier ist die Generalisation die direkte Wahrnehmung einer Einzeltatsache in einer Vielheit anderer Einzeltatsachen, die Wahrnehmung eines konkreten Datums in einer Menge anderer konkreter Daten, die Feststellung des Ergebnisses einer Erfahrung in einer Vielheit anderer Erfahrungen.

In diesem realistischen Charakter der mechanistischen Erklärung ist zweifellos das Geheimnis der Vorliebe zu suchen, welche alle Laboratiumsforscher, alle reinen Experimentatoren für sie hegen, und vielleicht auch das Geheimnis der Kritiken, welche jene ihm zuwenden, die mehr Mathematiker, daher auch mehr Begriffsarbeiter sind.

II. Teil.

Philosophische Konsequenzen.

Fünftes Buch.

Allgemeiner Geist der modernen Physik. Der Wert der physikalischen Wissenschaften.

1. Kapitel.

Allgemeine Betrachtungen. Die Übereinstimmung der modernen Physiker.

1. Die gegenwärtige Krise der Physik soll wesentlich in folgendem bestehen:

Es soll eine tiefgehende Unstimmigkeit zwischen den Physikern der Gegenwart und ein völliger Bruch zwischen dem Geiste der modernen Physik und dem der Physik zu Beginn des 19. Jahrhunderts bestehen. Die Physik soll demnach der Einheit und Stetigkeit ermangeln, sie wäre dann immer wieder neu zu begründen. Daraus würde sich die Folgerung ergeben, daß die Physik nichts Objektives an sich hat.

Sie würde sich in eine willkürliche Theorie oder in ein System solcher Theorien auflösen, und es könnte jeder Physiker sein eigenes System oder seine eigene Physik haben. Die Erfahrung hätte dann nur sehr entfernte Beziehungen zu ihr. Kurz, die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts hätte das Scheitern

des Mechanismus durch den Nachweis seiner Unfruchtbarkeit, sodann das Scheitern der Physik, endlich das Scheitern der Experimentalwissenschaft gesehen.

Ich hatte beabsichtigt, bezüglich dieser Punkte die Physiker zu befragen, indem ich deren Antworten nach ihrer natürlichen Verwandtschaft klassifizierte. Diese Befragung ist beendigt. Was ergibt sich aus ihr? Daß die voranstehenden Behauptungen unbegründet sind.

Um dies mit Fug behaupten zu dürfen, brauchen wir nur die Folgerungen aus den vorangehenden Untersuchungen zusammenzustellen. Sind es exakte Analysen der Anschauungen der modernen Physiker, knüpfen sich diese alle an eines der untersuchten Systeme, dann ist, glaube ich, keine andere Anschauung möglich.

Resümieren wir diese Ergebnisse, so gelangen wir, meine ich, zu folgenden Sätzen:

I. Alle Physiker der Gegenwart, welcher Richtung sie auch angehören, sind von der Objektivität der Physik, d. h. von der Möglichkeit überzeugt, durch diese Wissenschaft in immer vollständigerer Weise die physikalisch-chemischen Vorgänge, die Bedingungen ihres Auftretens und ihrer Veränderungen sowie ihre Wechselbeziehungen zu erkennen.

II. Diese Objektivität ist wesentlich empirischer Art. Die Erfahrung ist das Kriterium der Wahrheit, also auch der Objektivität. „Die Welt läßt sich nicht erraten." Die Ausdrücke: „rationale Anschauung", „selbstevidente Prinzipien" haben für den Forscher keinen Sinn außerhalb der Forderungen der formalen Logik.

III. Diese Objektivität ist folglich phänomenal und relativ. Die Physik gibt uns eine treue Darstellung der Natur, wie sie uns erscheint, eine systematische Beschreibung.

IV. Diese Objektivität, die ihre Gewähr in der Erfahrung hat, ist notwendig durch die wirkliche Erfahrung begrenzt. Als man sich auf apriorische Anschauungen stützte, konnte diese Objektivität ihre Unbegrenztheit beanspruchen, die intuitiven Prinzipien mußten auf alle physikalisch-chemischen Vorgänge sich anwenden lassen und alle erklären. Eine auf die Erfahrung gegründete Wissenschaft hingegen kann begreiflicherweise nicht

solche Ansprüche machen; sie weiß nur das, was die Erfahrung sie lehrt. Die Zukunft bleibt notwendig neuen Belehrungen offen. Und da die Physik eine junge Wissenschaft ist, so werden gewiß diese Belehrungen unvergleichlich reicher sein als die, über die wir jetzt verfügen. Daher die außerordentliche Rolle und Tragweite der Hypothese. Daher auch die Konsequenz, daß die Systematisierung nur in ihren Grundlinien unternommen werden kann und daß man überall jede zu bestimmte und detaillierte Systembildung aufgegeben hat. Daher endlich die Möglichkeit von Divergenzen in den physikalischen Theorien.

Aber die Zukunft muß die durch die gegenwärtige Erfahrung erworbenen Resultate intakt lassen, mag das Los der theoretischen Hypothesen welches immer sein. Diese Resultate — dies ist es, was den objektiven Wert der Physik so recht ausdrückt — sind fest auf die Erfahrung gegründet, und die Zukunft wird ihnen in allen Entwicklungen begegnen, welche die physikalisch-chemischen Disziplinen durchmachen werden.

V. Aus dem Vorstehenden folgt, daß die Wissenschaft zwar weit entfernt ist, vollendet zu sein, daß sie aber doch besteht und fortschreitet. Betreffs ihrer Methoden und Forschungsregeln sowie ihres Inhaltes, wenn nicht betreffs der Darstellungsart, besteht Übereinstimmung.

a) Die physikalisch-chemischen Wissenschaften konstituieren demnach alles, was wir über die physikalisch-chemischen Vorgänge wissen; b) sie allein haben uns diese Kenntnisse verschaffen können, und sie allein können sie vermehren. Jede andere als die von ihnen befolgte Methode wird entweder unfruchtbar sein oder uns geradezu in Irrtümer führen.

VI. Um endlich die Einschränkung aufzuheben, welche § IV enthält, und welche die Form der Darstellung des Wissenschaftsinhalts betrifft, so ist hinzufügen, daß, wenn auch darüber die Meinungen abweichen, die Konstruktion der physikalisch-chemischen Wissenschaften nach Einheitlichkeit strebt, mögen die Physiker welchen Richtungen immer angehören. In manchen Punkten gelangt man zu einer analogen Gestaltung, und wo Divergenzen bestehen, erklären sie sich aus dem natürlichen Umstande, daß die Wissenschaft weit entfernt davon ist, ihre Forschungen erschöpft zu haben, was die notwendige Bedingung

der Systemeinheit wäre. Spielt also in diesem Unternehmen die Hypothese eine ungeheure und notwendige Rolle und lassen sich ferner verschiedene Hypothesen aufstellen, so geben doch alle Richtungen zu, daß man dank den Polemiken allmählich zu einer Systematisierung, zu einer Hypothese mit Ausschluß aller übrigen gelangen werde. Nicht nur muß man dazu gelangen, man gelangt tatsächlich dazu. Es gibt eine geradlinige Entwicklung der Physik, und in jeder Phase derselben kommt unter den Forschern eine Übereinstimmung in wichtigen Punkten deutlich zustande. So kommt es, daß die Physik in jeder ihrer Phasen einen bestimmten, charakteristischen Ausdruck erhalten hat, besonders in ihrer gegenwärtigen Phase.

Aus diesen Sätzen folgt notwendig, daß die Physik trotz ihres Relativismus niemals umzubauen ist, daß die Auffassung des Relativismus in einem solchen Sinne ein grobes Wortspiel ist. Der Relativismus der Physik bedeutet nichts als den deskriptiven, menschlichen Charakter dieser Wissenschaft, aber es liegt auf der Hand, daß die Beschreibung, um die es sich hier handelt, für die menschliche Gattung notwendig und allgemein ist.

2. Man hat gesagt, die physikalische Theorie sei willkürlich. „Betrachten wir Duhem: er erklärt, die Art und Weise, wie wir diese Theorie bilden, sei unserer völligen Willkür anheimgestellt, wenn nur der Satz der Identität und der des Widerspruches beachtet werden, die übrigens nur logischen Wert haben, nur die Harmonie im Reden verbürgen. Und erklärt nicht Mach, die physikalische Theorie werde durch ein Ökonomieprinzip, eine Art psychologisches Prinzip der kleinsten Wirkung beherrscht? Hier wird nur einem geistigen Bedürfnis, einer logischen, nicht einer realen Bedingung genügt. Gesteht nicht Poincaré, in den Grundlagen der physikalischen Theorie bestehe eine Anpassung der Dinge an die logischen Bedürfnisse des Denkens? Nur der Mechanismus bleibt schlechthin objektiv, aber alle angeführten Richtungen erklären diese Objektivität für mehr beabsichtigt als wirklich und für unhaltbar gegenüber der Kritik."

Dies alles ist buchstäblich, aber auch nur buchstäblich richtig. Man hat sich an äußerst unumwundene, polemische, beißende, schneidende Wendungen gehalten, die ein Autor zur Betonung

seiner Anschauung und seines Standpunktes, zur gewaltsamen Fesselung der Aufmerksamkeit des Lesers betreffs dessen, worin sich jener von anderen unterscheidet und was er bekämpft, gebraucht. Gibt man sie so wieder, so verfälscht man den Geist der ganzen Lehre oder vielmehr, man sucht ihn nicht zu erfassen. Man vergißt die für die historische Kritik so fundamentale Regel des Zusammenhanges.

3. Was will denn Duhem sagen? Nichts als dies: Wenn wir auch in einer Theorie von einer elektrischen Masse oder Menge, von einer elektrischen Spannung, einem elektrischen Strome, einer Intensität der elektromotorischen Kraft, einem elektrischen Potential, einer Wärmemenge, einer absoluten Temperatur sprechen, so wäre es doch naiv, zu glauben, daß es in der Natur Wirklichkeiten, besondere Wesenheiten, Dinge gibt, welche diesen Namen entsprechen. Diese Bezeichnungen sind willkürlich, sie entsprechen Bedürfnissen unseres Geistes, der sich die Ergebnisse einer gewissen Anzahl von Erfahrungen vorstellen will.

Was jedoch nicht willkürlich ist, nicht zur Befriedigung der Bedürfnisse unseres Geistes dient, das sind die Resultate dieser Erfahrungen. Hier erleiden unsere Konstruktionen eine Beschränkung, hier besteht eine objektive, feste Grenze derselben. Hier muß die Theorie endigen, und hier trifft sie auf etwas, was von uns unabhängig ist, was von einem Nicht-Ich, einem Äußeren abhängt. Alle physikalisch-chemischen Theorien müssen uns zu empirisch fundierten Konsequenzen, auf welche unsere subjektiven Funktionen keinen Einfluß mehr haben, führen. Sowie die Erfahrung einer dieser Konsequenzen entgegen ist, muß die Theorie aufgegeben werden. Demnach sind alle Konsequenzen der Theorie notwendig objektiv.

Folgt aber daraus nichts für die Bildung der Theorie selbst? Wer wollte dies leugnen? Solche Schranken für die theoretische, subjektive Willkür sind notwendig sehr enge Schranken.

In der dialektischen Entwicklung seiner Anschauungen kann Duhem wohl vom Willkürlichen, Subjektiven ausgehen, um bei der Erfahrung zu landen. Wer bemerkt nicht, daß — sonst gäbe es keine Physik — in Wirklichkeit, im lebendigen Schaffen des Physikers stets von der Erfahrung ausgegangen und daß

das Willkürliche durch deren Daten eng begrenzt wird? Schon Claude Bernard hatte in seiner Einleitung zur experimentellen Medizin bemerkt, es könne keine apriorischen Ausgangspunkte geben. Selbst in den mathematischen Disziplinen werden, wie dies auch Euler bezeugt, die Prämissen notwendig durch die Beobachtung von Relationen der Dinge geliefert.

Der Theoretiker kann wohl, um die Unabhängigkeit der Theorie von der Erfahrung zu kennzeichnen, um das konstruktive Verfahren des Geistes auf dem theoretischen Gebiete schärfer hervorzuheben, die umgekehrte Ordnung der Dinge annehmen und zeigen, daß jede beliebige Theorie, welche einen apriorischen Ausgangspunkt hat, nicht aufhört, zu gelten, wenn ihre Konsequenzen alle durch die Erfahrung verifiziert sind. Er will dartun, daß dies die einzige Bedingung der Gültigkeit der Theorie ist.

In der wissenschaftlichen Praxis aber ist es leicht zu ersehen, daß der Physiker durch die zu erforschende Erfahrung sich leiten lassen wird; seine Freiheit ist beschränkt. Seine theoretischen Konstruktionen werden notwendig wie ein Pendel um eine mittlere Linie schwanken. Die Erfahrung wird zum Gravitationszentrum des Systems, und die Schwingungsweite wird sehr klein sein.

Wir haben uns der Auffassung der theoretischen Physik seitens der extremsten Mechanisten genähert. Auch sie nahmen eine Willkür an, die in unserer Unkenntnis und in den durch sie hervorgerufenen Hypothesen besteht. Da uns die Erfahrung nicht oder nicht in präziser Form alle Relationen gibt, deren wir zur Bildung einer Theorie bedürfen, müssen wir sie durch eine Reihe von Konjekturen ergänzen. Diese Konjekturen und Hypothesen werden die Erfahrungsdaten zur Grenzbedingung haben; mit anderen Worten, es muß, wie in der Anschauung Duhems, die physikalische Theorie mit unserem ganzen Erfahrungswissen zusammenfallen, und ihre Konsequenzen müssen stets durch die Erfahrung verifiziert werden, in dem Maße, als die Erfahrung möglich ist. Das Übrige ist hypothetisch, also willkürlich. So werden denn die physikalischen Hypothesen innerhalb gewisser Grenzen um eine mittlere Lage, um einen Schwerpunkt der Wissenschaft, der durch unser empirisches Wissen bestimmt ist, schwanken.

Es folgt hieraus, daß die physikalische Theorie, wie Duhem sie auffaßt, und die physikalische Theorie, wie sie die Mechanisten verstehen, beinahe identisch sind.

Praktisch gelangt man stets zu einer Theorie, welche die Erfahrung nachbildet oder so getreu als möglich nachzubilden sucht. Die Erfahrung ist also eine Schranke, die man nur bei Gefahr von Irrtümern verrücken kann.

Noch mehr. Der Mechanismus gibt zu, daß die Hypothese allmählich berichtigt wird, ihre Schwankungen werden kleiner. Nichts anderes sagt Duhem, wenn er dartut, daß eine einzige Hypothese notwendig die anderen verdrängen muß, daß man sich einer einzigen physikalischen Theorie oder theoretischen Physik nähert. Auch hier volle Übereinstimmung. Theoretisch deutet jeder die Dinge nach seiner Weise, praktisch stimmen alle überein.

4. Das der physikalischen Theorie so gern zugeschriebene Merkmal des Willkürlichen ist also in einem ganz beschränkten Sinne aufzufassen; im Grunde bezeichnet es nur die Rolle, welche die Hypothese spielt. Zu oft nur wurde im traditionellen Zuge der Anschauungen, welche während der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts herrschten, die Unterscheidung zwischen den hypothetischen und den aus der Erfahrung abgeleiteten Partien der Physik nicht beachtet.

Gegen diese metaphysische und antiwissenschaftliche Tendenz bedurfte es einer energischen Reaktion. Die Forscher zauderten nicht damit, ebenso die Mechanisten. Sie haben zugleich von der Erfahrung und von der Hypothese ihren Ausgang genommen und die ungeheure Rolle der Hypothese in der physikalisch-chemischen Theorie dargetan.

Aber indem sie dies taten, hatten sie, weit entfernt, den objektiven Wert der physikalisch-chemischen Disziplinen zu zerstören, nur ein Ziel: die Behauptung desselben als das primär Gegebene, welches vernünftigerweise die Existenz einer Erfahrungswissenschaft ermöglicht.

Die Erfahrung ist ex definitione eine Erkenntnis des Objekts. In der Physik ist diese Definition mehr als sonst am Platze, und sie ist hier klarer als anderswo. Die Physik ist als Wissenschaft im Gegensatz zur apriorischen Spekulation der Scholastik

erstanden. Sie entstand gegenüber der Willkür eines dialektischen, leeren Argumentierens, gegenüber dem vorgefaßten Gedanken, dem sich die Tatsachen mit aller Gewalt unterordnen sollten. Die Erfahrung hingegen ist das, worüber unser Geist keine Gewalt hat, was unsere Wünsche und Wollungen nicht beeinflussen, was gegeben, nicht von uns erzeugt ist. Die Erfahrung ist das Objekt gegenüber dem Subjekt.

Alle modernen Physiker haben diese Auffassung der physikalischen Methode seitens der Renaissance bewahrt. Rankine, Duhem, Mach verfolgen mit ihren Theorien nur ein Ziel: die Wiederauffindung der Erfahrung. Die kritische Richtung nimmt an, daß die Wissenschaft auf empirischen Relationen basiert, und der Mechanismus behauptet, nur an die Erfahrung zu appellieren.

Die Physik ist demnach hinsichtlich ihrer Methode wesentlich objektiv; das Willkürliche der Theorie kann, wenn diese einmal ausgebaut ist, der Objektivität ihrer Resultate nichts nehmen.

5. Der Umstand, daß die Methoden der Messung und Registrierung etwas Konventionelles an sich haben, daß in jedes Experiment eine Reihe sehr komplizierter Theorien eingeht, hindert nicht, daß alle Experimentatoren, indem sie sich derselben Methoden bedienen und dieselben Theorien heranziehen, zu denselben Resultaten gelangen.

Die Messungen und die Theorien, denen gemäß sie vollzogen werden, schließen notwendig etwas Konventionelles ein, denn sie sind Zeichen und eine Sprache. Es ist ganz klar, daß ein Grad oder eine Kalorie nicht objektiv existieren, nicht mehr als die Zeichen derselben in der Rechnung oder die sie bezeichnenden Wörter. Objektiv, unveränderlich, fest ist nur das Ergebnis, zu dem man gelangt, wenn man übereinkommt, diese Zeichen und Ausdrücke zu gebrauchen. Dies ist die Schranke, welche die Natur der Freiheit des Physikers setzt, dies ist es, was er nicht schaffen oder ändern kann, was für alle unter den gleichen Bedingungen Stehenden sich gleich bleibt. Mehr kann man nicht verlangen, ja, es ist gar nicht zu verstehen, was zur Objektivität der Physik noch gehören sollte.

Die Physik muß, mag man nun die energetischen oder die mechanistischen Anschauungen teilen, allen Physikern ermög-

lichen, zu gleichen Ergebnissen zu gelangen und dieselben allen mitzuteilen. Sie ist objektiv im gleichen Sinne wie unsere Vorstellung von der Außenwelt, d. h. ebenso wie alles, was wir ein Sein oder Objekt nennen.

Daß nach gewissen Anschauungen die Theorie kein Abklatsch der Erfahrung ist, verschlägt nichts; denn da sie notwendig der Hypothese bedarf, so ist das eine Auffassungssache. Nicht so das, was durch die Erfahrung gesetzt ist und was jede gültige physikalische Theorie schließlich darzustellen hat.

Wir sind daher nicht berechtigt, aus den Anschauungen irgendwelcher moderner Forscher, noch weniger aus denen der älteren, die Folgerung zu ziehen, daß die Physik aus rein spekulativen Theorien sich aufbaut.

6. Bedenkt man es wohl und gesteht man dem Idealismus oder Subjektivismus alles zu, was er verlangen kann, so besteht das Objekt vom philosophischen wie vom philosophischen Gesichtspunkt aus, wenn es positivistisch bestimmt ist, nur in einem zusammenhängenden und festen Relationssystem. Jede Wahrnehmung und weiter auch jedes Traumbild, so verworren und elementar es sein mag, ist, da der Subjektivismus oft dasjenige für real hält, was man früher als vergänglich und illusorisch auffaßte, stets das Resultat einer Beziehung zwischen noch feineren, noch flüchtigeren Elementen. Wenn die englischen Psychologen annehmen, das Bewußtsein sei ein Unterschiedsgefühl, wenn alle Psychologen erklären, ein Erkenntnisakt, eine Unterscheidungstätigkeit beziehe sich auf den gleichzeitigen Inhalt des Bewußtseins, so behaupten sie nichts anderes als: jeder Bewußtseinszustand hat eine Relation zum Inhalt, und daher ist jedes Objekt eine Relation.

Die physikalisch-chemischen Wissenschaften stellen nur Relationen zwischen den Erscheinungen her. Da nun Relationen keine Existenz haben, so haben diese Wissenschaften keinen objektiven Wert. Darauf erscheint folgende Antwort als notwendig: Jedes Objekt ist nur ein Relationssystem. Wie die übrigen Wissenschaften will die Physik nur dies: Von diesen Systemen von Relationen, welche den äußeren Wahrnehmungsinhalt eines normalen Menschen darstellen, ausgehen; deren weitere Beziehungen, d. h. die Bedingungen ihres Auftretens,

ihrer Variationen, ihres Verschwindens aufsuchen; kurz, den Grundprozeß weiterführen, vermittelst dessen ein Objekt, ein Reales sich konstituiert. Eine unmittelbare Anschauung des Bewußtseins ist nur durch dessen Beziehungen zum Vorhergehenden und Folgenden gegeben (ohne Unterscheidung wurde es nicht empfunden). Und wenn wir auch von diesen Beziehungen absehen, so wird es doch nur in seiner Beziehung zum Empfindenden empfunden; sonst existiert es nicht. Es beginnt erst dann zu sein, wenn es eine Dualität einschließt, wenn es Beziehung ist. Ohne dieses wäre es nicht bloß unaussprechbar, sondern auch nicht denk-, nicht erfahrbar. Es wäre das algebraische Symbol abstraktester, begrifflichster Art. Warum wäre dann diese Beziehung realer als jene, welche die Chemie zwischen den Gewichten der Elemente und dem der Verbindung verzeichnet? Ich kann hier keinen Unterschied erblicken oder wenn ja, so nur zugunsten der letzteren, die zweifellos bestimmter, fester, allgemeiner sind. Ich glaube vom subjektivsten Standpunkt aus sagen zu dürfen: alle unsere Erkenntnisse und folglich auch alle unsere Bewußtseinszustände sind gleichen Ranges. Sind die einen objektiver, so sind es auch die anderen. Sind Traumerlebnisse real, dann sind es auch die Laboratoriumserlebnisse, denn ich sehe keinen Unterschied zwischen beiden. Die bloß graduellen Differenzen aber sprechen durchaus zugunsten der letzteren.

Meiner Meinung nach kann man bezüglich der Objektivität der Physik in ganz allgemeiner Weise auf das Problem des Wertes der wissenschaftlichen Erkenntnis schließen. Lassen wir den subjektiven wie den objektiven Standpunkt beiseite, vielleicht sind sie das Resultat einer einseitigen Analyse. Stellen wir uns in die gemeine Wirklichkeit. Wer sagt, etwas sei fest, notwendig, sagt zugleich, es steht zu anderem in bestimmten Beziehungen. Die Wahrnehmung gibt mir die Beziehungen der Dinge grob und verworren wieder. Aufgabe der Wissenschaft ist es, sie präziser, detaillierter, vollständiger zu gestalten. Dadurch verstärkt sie die Notwendigkeit und Festigkeit dieser Beziehungen, d. h. dasjenige, was deren Objektivität bildet.

Welches auch die Richtung sein mag, welcher der Physiker angehört, jede physikalische Theorie (und die gesamte Physik)

ist, da der Physiker von ihr stets die Koinzidenz ihrer Konsequenzen mit der Erfahrung, d. h. die Identität der durch sie ableitbaren mit den Beziehungen unserer Wahrnehmungen fordert, von objektivem Werte. Hand in Hand mit den Fortschritten der Theorie wächst diese Objektivität und übertrifft durch die Festigkeit, Bestimmtheit und Notwendigkeit der Beziehungen, zu denen sie gelangt, die Objektivität ihrer früheren Ergebnisse und damit auch die Objektivität der Wahrnehmung, welche ihren Ausgangspunkt bildete. Die Wahrnehmung und schon die dunkle Gefühlserregung waren eine unbewußte Physik, der Anfang der eigentlichen Physik im menschlichen Bewußtsein. Unsere Sinneswahrnehmung ist nur ein spezifischer Instinkt, welcher die Merkmale der geistigen Überlegenheit der Art aufweist; unsere Wissenschaft führt ihn weiter.

Die begangenen Fehler, die Standpunktsänderungen der Theorie, die Auffassungsverschiedenheiten, die Notwendigkeit der Konventionen sind ebenso wenig ein Argument gegen die Objektivität der Physik als es die Sinnestäuschungen gegen die Objektivität der Sinneswahrnehmung sind. Vielmehr scheint der Umstand, daß es Irrtümer und folglich notwendige Berichtigungen gibt, ein Beweis für die Existenz eines Objekts zu sein. Die Existenz eines subjektiven Irrtums bezeugt die Existenz einer objektiven Wahrheit. Die Tatsache, daß die Erfahrung den Physiker zum Niederreißen und Wiederaufbauen zwingt, will er, daß seine Theorie mit den Ergebnissen der Erfahrung übereinstimmt, beweist, daß die Theorie einen objektiven Wert und nur durch ihn einen Sinn hat.

2. Kapitel.

Genaue Bedeutung des objektiven Wertes der Physik.

1. Die physikalische Theorie hat also einen objektiven Wert; aber wie alle ganz allgemeinen Wörter, alle in so vielen Diskussionen mißbrauchten philosophischen Ausdrücke ist der Ausdruck „objektiv“ vag, und der Satz: die physikalische Theorie hat einen objektiven Wert, bedeutet nicht viel. Wir müssen daher genau sagen, was damit gemeint ist.

Die unzähligen Nuancen, welche das Wort „objektiv“ je nach den verschiedenen Systemen angenommen hat, lassen sich auf zwei, einander in gewissem Maße entgegengesetzte Grundbedeutungen zurückführen: die intuitive oder rationalistische und die empiristische Bedeutung.

Intuitiv oder rationalistisch ist das Wort „objektiv“ in der Begriffs- und scholastischen Philosophie, in der realistischen Theorie der Universalien zu verstehen. Es macht die Konsequenzen des spekulativen Denkens zu absoluten Realitäten, ausgehend von einem a priori im Geiste Gegebenen. Das Subjekt wird zum Maße des Objekts.

2. Gegen diesen Realismus bedeuten der mit ihm historisch verknüpfte Nominalismus und Empirismus ausgesprochene Reaktionen. Aber auch sie glauben an die Objektivität der Erkenntnis, nur betrachten sie nicht das gleiche Element als objektiv. Vielmehr sind hier der reine Begriff, der abstrakte, allgemeine Gedanke, die apriorische Spekulation wesentlich subjektiv. Diese Gebilde sind geistige Betrachtungsweisen, Symbole, die der Geist geschaffen und die nur durch das Symbolisierte Geltung haben. Objektiv ist hingegen alles von außen, durch die Erfahrung Gegebene, Aufgenötigte, das, was wir nicht erzeugen, sondern, was von uns unabhängig auftritt und in ge-

wissem Sinne uns selbst erzeugt. Der Empirismus geht, indem er dieses letzte Merkmal immer mehr betont, schließlich dazu über, den Geist als das Erzeugnis der Erfahrung zu betrachten.

3. Diese Strömung, welche dem Worte „objektiv" eine empirische Bedeutung gibt, tritt nicht mit einem Male voll auf. Die alten Denkgewohnheiten beharren, und insofern ist zu sagen, daß der Kartesianismus, der Leibnizianismus, der Kantianismus, der Idealismus des 19. Jahrhunderts dem intuitiven Objektivismus immer noch eine, wenn auch weniger umfassendere Rolle einräumt. Oder besser, sie erneuern die intuitive und rationalistische Bedeutung des Ausdrucks „objektiv", um ihn mit den empiristischen Forderungen des modernen Denkens in Einklang zu bringen, und viele ihrer Interpreten beachten dieses neue Bemühen, das zu einer neuen Anschauung führt, nicht genug. Diese Interpreten übersehen den wachsenden Anteil der Erfahrung am Rationalismus, einen Anteil, der so groß ist, daß allmählich die empirische mit der rationalen Methode verschmilzt. Aber es ist, indem wir der historischen Wahrheit die Ehre geben, ebenso klar, daß die große philosophische, rationalistische und idealistische Tradition eine intuitive Auffassung der Objektivität vertreten hat.

Der abstrakte Begriff, der Gedanke, das Erzeugnis des Geistes zu einem symbolischen, nützlichen Zweck hat keinen objektiven Wert mehr, gewiß. Aber die Erkenntnis ist nicht das bloße Ergebnis äußerer Eindrücke. Fast könnte man sagen, daß die Erfahrung einen zweifachen Ursprung hat: die empirische Sinneswahrnehmung, welche den Namen „Erfahrung" im engeren Sinne führt, und die innere oder rationale Anschauung, das natürliche Licht, welches uns ebenfalls objektive Existenzen enthüllt. Die sinnliche Anschauung hat nur Wert, wenn sie durch die Vernunftanschauung erhärtet, von ihr völlig durchdrungen wird.

Hier haben wir also, da wir in letzter Linie zur rationalen Anschauung zurückgehen müssen, um etwas Objektives zu haben, und da sie als die fundamentale erscheint, eine intuitive, nicht empiristische Auffassung des „Objektiven". Diese neue Art des Intuitiven werde ich als moderne intuitive Objektivität bezeichnen, um sie von der intuitiven Objektivität der Begriffsphilosophie zu unterscheiden. Denn sie steht zu ihr in Gegensatz dadurch, daß

sie die Objektivität des Begriffs schlechtweg leugnet, d. h. die Objektivität der intelligiblen Welt, die Plato fand, als er die sinnliche Erfahrung verdammte; sie ist nominalistisch und verbindet sich mit der sinnlichen Erfahrung zu deren Anerkennung, statt ihr entgegenzutreten. Sie tritt auch insofern in Gegensatz zur intuitiven Objektivität der alten Philosophie, als auch die rationale Intuition eine Art Erfahrung ist; sie ist nicht eine übersinnliche Offenbarung, aber sie stellt uns einer besonderen, individuellen, lebendigen Wirklichkeit — so bei den Kartesianern und bei Leibniz — oder einer Relation gegenüber, die ebenso wirklich ist wie die Sinneserscheinungen und die nur vermittelst einer späteren und künstlichen Analyse sich von diesen ablöst — bei den Kantianern. Nach Kant entdecken wir die allgemeinen Formen der Erfahrung in der Erfahrung selbst, sie sind also in gewissem Sinne Erfahrungsdaten. Für die Kartesianer ist diese Anschauung eine Art höherer Erfahrung, die unmittelbarer als die Sinneswahrnehmung ist. Die wissenschaftliche Erkenntnis gründet sich auf diese Anschauungen. Vielleicht ist es kein historisches Wagnis, wenn wir sagen, daß bei allen diesen Philosophen die Anschauung der obersten Wahrheiten das Produkt einer mehr oder weniger bewußten Bestrebung, die wissenschaftliche Wahrheit in unerschütterlicher Weise zu sichern, ist.

Die Objektivität der Wissenschaft wird also entweder durch eine unmittelbare Anschauung des Objekts oder, wenn mit Kant die Relativität der Wissenschaft und deren unaufhebbare Trennung von der Metaphysik behauptet wird, durch die allgemeinen und notwendigen Beziehungen verbürgt, welche der Geist setzt und welche allen empirischen Relationen, d. h. allen unseren Erkenntnissen ihre Form geben. Bei dem uns hier beschäftigenden Problem können wir von dieser, uns weiter unten wieder begegnenden Differenz absehen, und so kommen wir zu dem Schlusse: Die ganze Reihe der rationalistischen Philosophen glaubt an die Objektivität der Wissenschaft, gründet sie aber auf eine innere Erfahrung, auf ein durch Analyse des Subjekts Gefundenes. Das Subjekt findet in sich neben abstrakten und allgemeinen Ideen, die es als subjektiv veränderlich und flüchtig, daher substanz- und realitätslos empfindet, Begriffe, die ihm standhalten, sich ihm aufdrängen, ob es will oder nicht, die fest,

allgemein, also notwendig sind. Diese Begriffe besitzen demnach alle Realität, deren die menschliche Erkenntnis fähig ist, alle nur erringbare Objektivität: von Descartes bis Kant die absolute, metaphysische, seit Kant die relative Objektivität.

Stets aber handelt es sich, wenn auch das Objekt nicht mehr dasselbe ist, um eine auf innere Anschauung gegründete Objektivität.

4. Dieser Auffassung steht eine Anschauung gegenüber, welche mit der Spekulation und intuitiven Wissenschaft der Scholastik viel entschiedener bricht. Vom 18. Jahrhundert angefangen wird sie von fast allen Forschern geteilt, und die empiristischen Philosophen stellen ihre Grundzüge dar.

Alles, was aus dem Subjekt stammt, ist irgendwie abgeleitet und sekundär, es ist ein Abbild, kein Urbild. Seine Bürgschaft liegt nicht im, sondern außer dem Geiste. Die Gewohnheit kann uns bei der Analyse gewisser Begriffe an einen festen, bleibenden Rückstand glauben machen, der nicht aus der Erfahrung entspringt und nicht ein bloßes Zusammentreffen von Empfindungen ist, aber dies ist eben nur die Wirkung der Gewohnheit. Die Analyse dieses Rückstandes löst ihn bald in Spuren auf, welche die sinnliche Erfahrung hinterlassen hat. Mit einiger Subtilität und Mühe kam man schnell zur Auffassung des Ersatzes der zerstörten durch eine gegensätzliche Gewohnheit (J. St. Mill). Ist das nicht ein Beweis, daß wir sehr wohl denken können, daß nichts in unserem Denken notwendig oder allgemein ist? Welche Gewähr können wir dann für die Wahrheit unserer Schlüsse haben? Welche Wissenschaft kann uns als möglich erscheinen? Ist nicht das Resultat eines solchen Empirismus der Skeptizismus?

Das wäre ein vorschneller Schluß. Alles, was in unserem Geiste ist, entstammt der Erfahrung, das Feste, Stabile, als eine notwendige Gewohnheit sich Aufdrängende ebenso wie das übrige. Daraus folgt, daß das Feste, Konstante darauf hinweist, daß die Erfahrung fest, konstant ist und eine notwendige Ordnung aufweist (Spencer). Schon der Umstand, daß die subjektive Welt, die nicht ursprünglich ist, in zwei Gebiete zerfällt, in das Gebiet des Illusorischen, Flüchtigen, des Traumes und Irrtums, und das des Permanenten, Wirklichen und Wahren, be-

zeugt, daß es in der Erfahrung notwendige und allgemeine Beziehungen gibt. Die empirischen Sukzessionen und Koexistenzen spiegeln sich in unserem Geiste. In der Analyse derselben besteht die Arbeit der Wissenschaft. Hätte das, was wir Erfahrung nennen, der Inbegriff unserer Vorstellungen stets die Form von Traumbildern, dann wäre jede Wissenschaft unmöglich. Es gäbe weder Illusion noch Wirklichkeit, alles wäre illusorisch und real zugleich. Würden Subjektives und Objektives zusammenfallen, so wäre das Problem der Objektivität nie aufgetaucht. Schon dadurch, daß in unserem Geiste, dem treuen Spiegel der Dinge, etwas Systematisches sich abzeichnet, bilden — dies ist ein unanfechtbarer logischer Schluß, wenn die Prämissen des Empirismus einmal gelten — die Bedingungen unserer Vorstellungen und deren Beziehungen ein System, welches die methodisch und zweckmäßig befragte Erfahrung uns allmählich enthüllt. Die Möglichkeit der physikalisch-chemischen Wissenschaften entspringt hier wie die der Wissenschaft überhaupt. Und das Problem der Objektivität ist schon bei seinem Auftreten gelöst, denn die Wissenschaften werden nur soweit bestehen, als sie objektiv sind. Ein Objektives finden — darin besteht das, was wir Wissen nennen; etwas Objektives finden heißt, etwas feststellen, was in keinem Falle Umstellungen, die unsere Einbildungskraft und unsere Spekulationsfähigkeit mit den der Erfahrung entnommenen Elementen vornehmen kann, aufweist, sondern sich uns, selbst gegen unser Belieben, unseren Willen, unsere Bestrebungen aufdrängt, weil die Erfahrung es so und nicht anders setzt.

So tritt der intuitiven Bedeutung des Wortes „objektiv" in der modernen Erkenntnistheorie eine zweite Bedeutnng gegenüber: die empirische Bedeutung. Objektiv bedeutet hier das durch die sinnliche Erfahrung Gegebene, was allem Bemühen, es unseren Sinnen anders, als es ihnen einmal sich dargestellt hat, erscheinen zu lassen, widersteht. Etwas wird von außen gesetzt und setzt sich durch.

5. Welche von diesen beiden Bedeutungen akzeptieren die modernen Physiker, welche die Objektivität der Physik anerkennen? Für jeden, der die Analyse der beiden Auffassungen verfolgt hat, ist mit der Frage zugleich die Antwort gegeben.

Alle Physiker der Gegenwart stimmen bezüglich der Objektivität der Physik überein und ebenso betreffs des empirischen Charakters dieser Objektivität. Was diese Objektivität ausmacht, ist die Koinzidenz der aufgegebenen Relationen mit den in der sinnlichen Erfahrung gegebenen Beziehungen.

So erklärt Duhem, nach dem die gesamte Theorie ein den Ergebnissen der Erfahrung durch unsern Geist hinzugefügter Überbau ist, ausdrücklich, alles, was dem Geiste entspringe, sei willkürlich; die Formen unseres Denkens, die Kategorien — er erwähnt stets nur eine, das Identitäts- und Widerspruchsprinzip — spielen nur bei der Konstruktion dieses theoretischen Überbaues eine Rolle.

Aber die mittelst dieser Kategorien und unter der Bedingung ihrer notwendigen Geltung (jede Theorie muß dem Prinzip der Identität und des Widerspruchs und den anderen Prinzipien, wenn es ihrer gibt, welche die mathematische Demonstration begründen, gemäß sein) gebildete Theorie hat an sich keinen objektiven Wert. Dies will besagen, daß, wenn sie einen Wert haben kann, er nicht den Kategorien des Denkens oder der Anschauung zu verdanken ist. Alles dem Geiste Entspringende wird also subjektiv sein.

In der Tat: was der Theorie hinterdrein — logisch, nicht psychologisch-genetisch verstanden — einen objektiven Wert verleiht, ist die Koinzidenz ihrer Resultate mit den Ergebnissen der Erfahrung. Der objektive Wert der physikalischen Theorie ist ausgesprochen empirischer Art.

Allerdings könnte man meinen, daß die logischen Kategorien in der Erfahrung eingeschlossen sind, und ihr eine logische Notwendigkeit und Gültigkeit verleihen. Davon ist keineswegs die Rede. Vielmehr wird in jeder der Richtungen, die an Duhem anknüpfen könnte, nicht angenommen, daß die Dinge sich den logischen Gesetzen gemäß abspielen. Es ist sogar bemerkt worden, daß alle empirisch gefundenen Relationen anfangs gegen die Vernunft verstoßen haben und zu den allgemeinen Denkgewohnheiten und mit dem, was sich den allgemeinen zugestandenen logischen Grundsätzen gemäß aus ihnen folgern läßt, in Gegensatz getreten sind. Duhem bemüht sich sehr, das, was dem Prinzip des Widerspruchs konform ist, was man in

dessen Namen aussagen kann, von den empirischen Resultaten zu unterscheiden. Die Konsequenzen, welche sich im Namen des Widerspruchsprinzips behaupten lassen, sind subjektiv und willkürlich; von ihrem objektiven Werte kann nicht die Rede sein. Alles, was man den Denkgesetzen gemäß ableitet, ist nur mit der Erfahrung als Kriterium anzunehmen oder zu verwerfen. Das vom Denken Hinzugebrachte würde, weit entfernt, der Theorie einen objektiven Wert zu verleihen, die ganze Objektivität derselben vernichten, wenn nicht die Erfahrung in der Folge ihren objektiven Charakter wiederherstellte.

So auch nach Poincaré. Was den physikalischen Prinzipien den Charakter des Konventionellen — mit allen Reservationen betreffs des Ausdrucks „konventionell" in der Philosophie dieses Forschers — gibt, das ist die Berichtigung der empirischen Beziehung seitens des Denkens, die Substitution eines empirischen Datums durch ein Denkelement. In dem Maße, als sich dieses Element von dem empirisch Gegebenen entfernt, ist es subjektiv und konventionell. Auch hier also tut das dem Subjekt Entspringende der Objektivität der Theorie Abbruch, und was diese Objektivität begründet, ist die außerordentliche Rolle, welche die Erfahrung spielt. Die Objektivität ist also empirischer, nicht intuitiver und rationaler Art. Auf diese Weise betreten wir trotz des kritischen Gegensatzes der Lehren wieder den Boden, auf den der Mechanismus der Gegenwart fußt.

Die Objektivität der physikalischen Theorie hat also ihre einzige Quelle in der Erfahrung, sie ist empirischer Art.

6. Übrigens darf dieser Empirismus nicht als blind und intelligenzlos aufgefaßt werden. Heute wird niemand behaupten, daß die „Idee" in der Wissenschaft keine Rolle spielt und aus ihr zu verbannen sei. Die diesbezüglichen Bemerkungen von Claude Bernard sind entscheidend und mustergültig. Alle Anschauungen, auch die schroffsten mechanistischen, ja besonders die letzteren, anerkennen die unentbehrliche Funktion des Denkens in der theoretischen Physik, denn diese ersteht notwendig zuerst durch eine Antizipation der Erfahrung, durch eine Hypothese. Die Mechanisten — besonders Boltzmann — stützen sich in ihrer Kritik der Energetik nicht bloß auf das Recht, sondern auch auf die Notwendigkeit, Hypothesen zu schmieden, vor-

gefaßte Ideen zur Unterordnung unter die Erfahrung und Veranlassung von Entdeckungen zu haben. Der Fortschritt der Wissenschaft knüpft direkt an die Eingebung der Idee, an den Anteil, den das Denken notwendig an der Erfahrung hat. Der Mechanismus ist in dem, was er Hypothetisches enthält (z. B. in der atomistischen Konstitution der Materie) nur der Inbegriff der für den Fortschritt der physikalisch-chemischen Wissenschaften notwendigen Ideen. Und Boltzmann[1]) fällt es nicht schwer, zu zeigen, daß in dem, was er „mathematische Phänomenologie" (was etwa der Systematisation Duhems entspricht) und „allgemeine Phänomenologie" (die Energetik Machs oder Ostwalds) nennt, beständig an die Hypothese appelliert wird.

Was aber, wie mir scheint, die ganze Entwicklung der theoretischen Physik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts scharf kennzeichnet, was die empirische Bedeutung der physikalischen Objektivität vollends ausmacht, das ist eben dies, daß das Denken eine zwar notwendige, aber subjektive Rolle spielt. In keiner Weise erinnert sie an die Rolle der Intuition im Kartesianismus, der Kategorie im Kantianismus. Sie legt der Erfahrung keine bestimmte Form, keine Besonderung auf; diese ist an sich vom Denken absolut unabhängig. Die Denkgesetze gelten auf einem willkürlichen Gebiete; sie beherrschen eine Ordnung unserer Vorstellungen, die an sich nichts Objektives und Notwendiges aufweist. Von Wahrheit und Irrtum ist erst dann die Rede, wenn man entweder diese ganze Ordnung oder nur ihre Resultate mit denen der Erfahrung vergleicht. Sowohl nach der Willkürtheorie Duhems als nach der Bequemlichkeitsformel von Poincaré, sowohl nach dem Prinzip der Denkökonomie von Mach als nach der mechanistischen Hypothese können alle diese Konstruktionen verschieden sein von dem, was sie sind, und sich doch ebenso wohl den Denkgesetzen unterordnen. Ihre Annahme hängt in keiner Weise von einem Glauben an eine apriorische Vernunftnotwendigkeit ab, sondern von der Erfahrung. Ja, diese Konstruktionen könnten, wenn dies möglich wäre, dem, was wir als notwendige Denkgesetze ansehen, widerstreiten, sie

---

[1]) Über die Entwicklung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit (Naturwissenschaftliche Rundschau, 14. Oktober 1899, S. 517).

könnten den Forderungen des Subjekts nicht entsprechen, und dies wäre nach der Ansicht aller modernen Physiker kein Grund zu ihrer Ablehnung. Das Motiv ihrer Annahme oder Verwerfung muß einzig und allein empirischer Art sein.

Die Denkgesetze mögen also für die Logik oder die reine Mathematik in Betracht kommen, zur Physik stehen sie nur in einem unwesentlichen Verhältnis. Auf physikalischem Gebiete begründen sie nichts, hier kann nur die Erfahrung einen definitiven Schluß liefern. Die Physiker der Gegenwart erklären einstimmig die Erfahrung für das einzige Kriterium der Gültigkeit in allem, was die physikalisch-chemischen Disziplinen betrifft. Das Denken hat offenbar eine Funktion, es geht der Erfahrung voran und folgt den Naturgesetzen (mit Umkehrung des Descartesschen Satzes). Aber diese Funktion kann das Denken, wenn es sie ausübt, in verschiedener Weise ausüben.

---

3. Kapitel.

Der Relativismus der modernen Physik.

1. Die Physiker der Gegenwart stimmen alle darin überein, daß sie den objektiven Wert der physikalisch-chemischen Wissenschaften anerkennen und ihn im rein empirischen Sinne verstehen. Daraus ergibt sich die neue Folgerung: der objektive Wert der physikalisch-chemischen Wissenschaften ist phänomenaler Art. In dieser Hinsicht haben der Einfluß Condillacs, Humes und besonders Kants und des Positivismus den wissenschaftlichen Geist der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts völlig erfüllt.

Es ist dies vielleicht einer der Punkte, wo man am besten den direkten Einfluß der allgemeinen Reflexionen, welche die Philosophie konstituieren, auf die Einzelwissenschaften feststellen kann. Dieser Einfluß ist logisch unbestreitbar, denn ein philosophisches System analysiert, konzentriert oder synthetisiert nur in sehr allgemeinen Formeln die intellektuellen Bedürfnisse oder besser Erfordernisse, welche die Bewegung und notwendige Entwicklung der Anschauungen zeitigt. Im vorliegenden Falle steht dieser Einfluß tatsächlich fest. Man kann nicht sagen, die Philosophie sei der Wissenschaft gefolgt, sie habe nur das ihr von der Wissenschaft Diktierte schlecht und recht umschrieben, denn der philosophische Relativismus und Positivismus ist dem Relativismus und Positivismus der Wissenschaft historisch ein halbes Jahrhundert und mehr vorangegangen.

Gewiß war es eine Reflexion über die Wissenschaft und deren Ergebnisse, namentlich über die Wissenschaft Newtons, welcher positivistischer oder weniger realistisch dachte als die früheren und zeitgenössischen Forscher, wodurch Berkeley, Hume, Condillac zur Kritik des realistischen Rückstandes der

Renaissancewissenschaft bestimmt wurden. Es ist auch der Einfluß Newtons vereint mit dem Humes, der Kant aus seinem dogmatischen Schlummer erweckt. Wenn aber die Philosophen bei der Analyse der Wissenschaft und deren Ergebnisse die Grundlagen einer relativistischen und positivistischen Theorie fanden, so fanden sie doch in den Schriften der Gelehrten keineswegs den Ausdruck oder auch nur den Keim dieser Theorie. Vermittelst einer methodischen Reflexion über die zeitgenössische Wissenschaft mußte erst das Wesen des wissenschaftlichen Denkens und der Wert seiner Resultate gedeutet werden. Diese Interpretation war rein philosophischer Art, sowohl durch den Charakter jener, von denen sie ausging, als auch durch ihre dialektische und reflexive Methode. Indem man die philosophische Theorie der Wissenschaft ausbaute, kam man zur scharfen Abgrenzung ihres Gebietes und Wertes, während die meisten Forscher noch naive Dogmatiker waren und noch lange sein mußten.

Diesen naiven Dogmatismus verdankten sie wieder den Philosophen und dem Einfluß des Kartesianismus, so daß geradezu das Problem des Wertes der Wissenschaft eine Illustration für die notwendigen, konstanten und hinsichtlich ihrer Tragweite und Wirkungen erheblichen Einflüsse bildet, welche Wissenschaft und Philosophie wechselseitig aufeinander ausüben. Ja noch mehr, es ist dies ein Beleg für den notwendigen, konstanten und beträchtlichen Einfluß, den der allgemeine philosophische Geist unmittelbar auf den Geist der Wissenschaft ausübt. Wenn man sagen kann, die große philosophische Tradition habe sich stets gewissenhaft an der Wissenschaft ihrer Zeit inspiriert und die bedeutendsten Philosophen seien Forscher gewesen, so muß man dies dadurch ergänzen, daß die Philosophie ihrerseits zur Präzisierung des allgemeinen Geistes der Wissenschaft, besonders der Physik beigetragen hat. Sie hat ihn in einer Weise interpretiert, die in den Ergebnissen der Forscher implizite enthalten war, bei ihnen aber nicht klar zur Abhebung gelangte und keine scharfe Formulierung aufwies. Sie hat die Atmosphäre analysiert, in welcher die Forscher leben, und zwar vielfach so, wie Menschen von der Luft leben, ohne sich darüber Rechenschaft zu geben. Dadurch haben die allgemeinen Untersuchungen der

Wissenschaft und wissenschaftlichen Kritik, welche nach Comte die eigentliche Philosophie konstituieren und sie bei den großen Philosophen stets in hohem Ausmaße konstituiert haben, den Wissenschaften im engeren Sinne einen ebenso sicheren als unentbehrlichen Dienst erwiesen, den sie ihnen auch jetzt noch erweisen.

2. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts herrschte mit sehr geringen Ausnahmen, die aber niemals klar und systematisch zum Ausdruck kamen, unangefochten die Kartesianische Auffassung des Wertes der physikalischen Wissenschaft. Sie läßt sich in zwei sehr einfachen Sätzen zusammenfassen. Oberflächlich, vom Gesichtspunkt ihrer Ausdehnung betrachtet, hat die Physik keine anderen Grenzen als die der Natur; ihrem Inhalte nach, wenn man den Dingen auf den Grund geht, erfaßt die Physik die Substanz selbst. Ist die Wissenschaft einmal vollendet, dann ist der Forscher der Potenz nach eins mit dem Schöpfer. Er hat zwar keine Schöpfermacht, aber er kennt dann das Wie und Warum der Schöpfung bis in deren feinste Einzelheiten. Zwar nicht die gleiche Macht, aber das gleiche Wissen steht ihm zu Gebot. Dum Deus calculat, fit mundus, und dieser göttliche Kalkül ist jener, dessen Gesetze Leibniz formuliert. Nach Newton sind Raum und Zeit Attribute der Gottheit, und Newton glaubt absolute Prinzipien der Wissenschaft des Raumes und der Zeit aufgestellt zu haben. Gehen wir weiter zurück, zu den eigentlichen Kartesianern. Wir brauchen nur Spinoza zu nennen und zu bemerken, daß, wenn Descartes sagt, Gott erhalte die Welt durch denselben Akt und auf dieselbe Weise, wie er sie schuf, man umgekehrt sagen kann, er habe sie ebenso und durch denselben Akt geschaffen, wie er sie erhält. Nach Descartes verzeichnet nun die Wissenschaft alle Gesetze, durch die sich die Welt erhält.

Zwar unterscheiden die Philosophen Wesen und Existenz, Gesetze des Wesens und Daseinsgesetze. Wir brauchen wohl aber kaum zu bemerken, daß für sie im Gegensatze zu Aristoteles und zu einer Philosophie der Qualität und Ursprünglichkeit des Individuums die Existenz nur ein Spezialfall, eine Begrenzung des Wesens ist, sogar für Leibniz, denn das Wesen ist bis in seine kleinsten Teilchen eine Maschine.

Daraus folgt, daß die Wissenschaft die Wirklichkeit überragen kann, nicht aber umgekehrt; denn die Wissenschaft ist, dies ist ihre Rolle und Bestimmung, imstande, das Wesen zu erfassen. Sie hat das ganze Feld des Möglichen vor sich. Kontingenz besteht in der Welt nur soweit, als die Konsequenzen der wissenschaftlichen Prinzipien nicht alle verwirklicht worden sind. Diese Kontingenz steht also nicht im Widerspruch zu der völligen Erfaßbarkeit der Welt durch unsere Wissenschaft. Im Gegensatze steht sie vielleicht nur dazu, daß wir alle Konsequenzen der Prinzipien a priori für verwirklicht halten, und auch dies noch wäre für Spinoza erst zu diskutieren. Aber sie schließt notwendig ein, daß alles Wirkliche aus den Wesenheiten, deren klares und deutliches Begreifen die Wissenschaft ist, sich ableitet.

Verlassen wir das Gebiet der Philosophie nnd betreten das der Wissenschaft, so kommt die Unterscheidung zwischen Essenz und Existenz nicht einmal mehr in Frage. Man lese nur die wissenschaftlichen Abschnitte bei Descartes, die Reflexionen Eulers und Huyghens sowie die Schriften aller Mechaniker und Physiker des 18. und der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, besonders die Arbeiten von Lagrange, Laplace, Poisson, u.a., und man wird dies sehen.

Sowohl die Verfechter des Vollen und Stetigen als die des Leeren und der Atome, die Anhänger der Hypothese der Wirbel in einem ursprünglich homogenen Fluidum ebenso wie die der Stöße kleiner Massen im leeren Raume, sie alle, Lehrer der Mechanik oder der Physik, glauben durch ihre Hypothese zu Prinzipien sich zu erheben, welche die notwendigen und zureichenden Bedingungen des physischen Universums sind. Die Grenzen der Physik sind hier die Grenzen der Natur.

Der innige Zusammenhang dieser dogmatischen Auffassung des Wertes der Physik mit dem Dogmatismus der metaphysischen Erkenntnistheorien überhaupt ist leicht zu ersehen. Worauf beruht diese Auffassung der Angleichung der Wissenschaft an die Wirklichkeit, wenn nicht auf dem Begriffe der adäquaten Idee und der intellektuellen Anschauung?

3. Die Forscher haben keine Ahnung davon, sie glauben alle bloß gewissenhafte Beobachter und Experimentatoren zu

sein. Der traditionelle Mechanismus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts und seine heutigen Schüler würden energisch dagegen protestieren, hätte man sie als Metaphysiker behandelt und ihnen von einem intuitiven Intellekt gesprochen. Sie glauben ja die treuen Interpreten der Erfahrung und nichts weiter zu sein. Und doch bedurfte es der ganzen Arbeit der Kritik des 18. Jahrhunderts, Kants und Comtes, um darzutun, daß der Empirismus notwendig zum Relativismus führt.

Bei der Formulierung ihrer Hypothesen sprachen die traditionellen Mechanisten von der Erfahrung, die sie niemals zu überschreiten vermeinten. Taten sie denn etwas anderes, als daß sie von den Folgen zu den Prinzipien zurückgingen, die empirisch gegebene Wirklichkeit analysierten? Indem sie so zu den Wirbeln oder Atomen, zu den Prinzipien Galileis oder Newtons, zu den Zentralkräften gelangten, warum hätten sie glauben sollen, das Gebiet der Erfahrung zu verlassen? Sie glaubten, einmal hier angelangt, die Fäden, welche die Erscheinungen entstehen, sich verändern und verschwinden lassen, selbst in den Händen zu haben. Da sie von der empirischen Anschauung ausgegangen waren, glaubten sie, das Gebiet derselben nicht verlassen zu haben, und ihre Gewißheit, ihr Dogmatismus schien ihnen empirisch begründet. In Wirklichkeit hatte sich die empirische Anschauung ganz einfach in intellektuelle Anschauung verwandelt. In ihrem Geiste, bei dem Lichte der Kartesianischen Vernunft erblickten sie diese vorgeblichen letzten Ergebnisse der experimentellen Methode. Der rationale Mechanismus und die deduktive Begriffsverknüpfung hatten, ohne daß sie es ahnten, die Stelle der empirischen Verknüpfung und des Determinismus der Dinge eingenommen. Indem die Vorstellungen allmählich den reinen Begriffen Platz machten, waren sie, ohne es zu wissen und mit dem vollen Willen zur Empirie, Kartesianer geworden. Im Grunde war die einzige Garantie der obersten Grundsätze, welche die Grundlage der Physik bildeten, eine rationale Intuition. Der Glaube an die Einfachheit und Symmetrie der Naturprozesse, wobei die Einfachheit und Symmetrie im absoluten Sinne genommen ward, brachte diese Intuition zum knappen Ausdruck. Die Forderung nach Klarheit und Deutlichkeit, welche dem Geiste eigen ist, objektivierte sich von selbst,

und die Wirklichkeit ward, ohne daß man sich dessen bewußt war, als die Kristallisation der Verstandesbegriffe aufgefaßt. Daher die volle Übereinstimmung zwischen dem Mechanismus und dem Rationalismus des 17., 18. und der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Cournot repräsentiert noch, obwohl er den Einfluß Kants und der philosophischen Kritik des 18. Jahrhunderts erfahren und die Kompliziertheit des Wirklichen sehr wohl empfunden hat, diese Betrachtungsweise, welche die rationale und die empirische Anschauung gewissermaßen zu einem unteilbaren Ganzen verschmilzt. „Die rationale Ordnung bezieht sich auf die Dinge an sich... Die Begriffe der Vernunft und das Wesen der Dinge könnten in einem Intellekt von anderer geistiger Beschaffenheit liegen."

In der Praxis der Wissenschaft blieb so manches von dieser Tendenz zurück, welche die Begriffsphilosophie und sodann, wenn auch in energischer Reaktion gegen diese, den Kartesianischen Dogmatismus zeitigte. Der Begriff ist hier, gleich der empirischen Vorstellung, eine Wahrnehmung des Objekts. Die Intelligibilität ist eine Erfahrung besonderer Art. Zwischen der sinnlichen und der intellektuellen Erfahrung besteht Zusammenhang, Identität.

4. Diese Anschauungsweise ist es, worauf der Geist der modernen Physik für immer verzichtet zu haben scheint.

Nicht, als ob er, wie oft behauptet wurde, völlig mit dem Rationalismus brechen würde. Die ganze Physik, selbst die energetische, die doch am ehesten im irrationalistischen Sinne zu nehmen wäre, gibt zu, daß die physikalische Theorie vor allem den formalen Prinzipien des Denkens, besonders dem Satze des Widerspruchs gemäß sein muß. Stets läßt sich die Erfahrung rational begründen. — Dies ist das Postulat der Erkenntnistheorie dieser Physik. Für sie und noch mehr für die anderen Richtungen bleibt die physikalische Erfahrung vor allem intelligibel. Die Wissenschaft will nach wie vor der Vernunft Genüge tun; nur hat die Vernunft ihren realistisch-objektiven Sinn verloren. Die Vernunft ist nicht mehr, wie noch Cournot sie bestimmte, das Maß der Dinge, die Anschauung der Wirklichkeit. Sie ist nicht mehr von der psychischen Konstitution unabhängig; nichts berechtigt mehr, ihr einen absoluten Wert beizumessen.

Die Vernunft ist das Erkenntnismittel, welches wahrscheinlich

die Entwicklung gezeitigt, jedenfalls aber geformt und vervollkommnet hat; die Entwicklung, d. h. die Selektion und Anpassung, die Bedürfnisse des Handelns, des Begreifens, der Mitteilbarkeit. Für Duhem ist es die zusammenhängende Synthese, für die Energetik die Denkökonomie, für Poincaré die Bequemlichkeit, für die Mechanisten die Angleichung an die Erfahrung, was die Vernunftprinzipien sich durchsetzen läßt.

Diese Anschauung ist ein direktes Erbe der philosophischen Erkenntniskritik, der Angriffe Humes und der Empiristen auf die intellektuelle Anschauung. Diese Kritik hat den Geist der modernen Physik gewaltig modifiziert.

5. Die Physik der Gegenwart glaubt nicht mehr ein auf das physische Universum sich erstreckendes System ausbilden zu können. Sie glaubt nicht die Wirklichkeit erfassen zu können, nicht bloß aus psychologischen oder metaphysischen Gründen, die sie und uns nichts kümmern, sondern, vielleicht unter dem Einfluß dieser letzteren, aus speziell physikalisch-empirischen Gründen, die uns hier allein angehen.

Die moderne Physik glaubt nicht mehr, sie werde eines Tages sagen können: Hier ist das System des physischen Universums; denn da sie nur die Erfahrung als Lehrmeisterin anerkennt, kann sie nicht wissen, ob alle physischen Wirkungen in unserer Erfahrung gegeben sein können. Unbekannte und sinnlich direkt unerkennbare Wirkungen offenbaren sich durch die indirekten Folgen gewisser Erfahrungen. Die Liste dieser Wirkungen muß in einem empirischen System notwendig stets offen bleiben. Zu schließen wäre sie nur dann, wenn man dem menschlichen Intellekt geradezu eine Macht zur Erfassung der Urprinzipien und ihrer Folgen zuschriebe und wenn diese Prinzipien den Stempel an sich trügen, daß sie wirklich ursprünglich sind und daß über sie hinaus eine Forschung nicht mehr sinnvoll möglich ist: Verum index sui. Unsere physikalische Systematisation wird also stets unvollständig, ein offener, nicht ein geschlossener Kreis bleiben. Während für den Kartesianer unsere wirkliche Welt nur ein Sonderfall der wissenschaftlich konstruierten Welt war, umfassen für den modernen Physiker unsere Theorien stets nur Sonderfälle der wirklichen Welt. Die Wirklichkeit reicht allerseits über sie hinaus. Und die physika-

lischen Theorien modifizieren, vervollständigen, vereinheitlichen sich beständig, indem sie dem Realen immer näher rücken, ohne Hoffnung auf die endgültige Möglichkeit, alles zu umfassen.[1])

Können wir aber die Urprinzipien nicht erreichen, betrachtet heute der Mechanismus selbst die Prinzipien als relativ, als revisionsfähig, als der Ergänzung, Begrenzung, Einschränkung wie der Ausdehnung und Verallgemeinerung fähig, so folgt hieraus sogleich, daß wir die letzten Elemente der Wirklichkeit nicht erreichen können. Der Umstand, daß die physikalische Theorie stets relativ sein wird, schließt auf empirischem Gebiete die Tatsache ein, daß sie niemals ein Ergebnis der Erfahrung als Grenze der Forschung wird hinstellen können. Die einfache, absolute Einheit, aus der sich durch bloße Addition das physische All zusammensetzt, das ehemalige Atom oder homogene Fluidum, die Urmutter alles materiellen Seins — das sind ebenso viele Erkenntnismittel, die nur noch in einem Museum historischer Altertümer figurieren können. Das unzerlegbare Atom wird, vorausgesetzt, daß uns die Erfahrung eines Tages die körnige Struktur der Materie oder vielmehr gewisser physischer Dinge unmittelbar enthüllt, unzerlegbar und primär, wirklich elementar nur für unsere gegenwärtigen Erfahrungsmittel sein. Ebenso die Gleichartigkeit eines allgemeinen Mediums, welches durch seine Wirbel die scheinbaren Teile der Materie erzeugt. In der Tat nehmen die modernen Physiker, Chemiker und besonders die physikalischen Chemiker noch vor der direkten Feststellung der körnigen Struktur der Materie an, daß die Einheit der Elemente nur relativer Art ist. Schon erscheint uns, unter dem Einfluß der Erfahrungen und Theorien, welche sich auf die Elektrizität beziehen, das ehemalige Atom als ebenso zusammengesetzt, ja, als noch komplizierter als das Molekül; es ist eine ganze Welt, verglichen mit welcher unser Sonnensysten einfach ist. In jüngster Zeit scheint die Masse — ehemals die Quintessenz unserer Vorstellung der Materie — zur Funktion anderer, fundamentalerer

---

[1]) Vgl. namentlich Jean Perrin, Vorwort zu den „Prinzipien der physikalischen Chemie“ und „La Discontinuité de la matière“ (Revue du Mois, März 1906).

Vorstellungen zu werden, in letzter Linie wahrscheinlich der Bewegung, nach einer rein kinetischen Theorie.

Hier haben wir uns vor einer Zweideutigkeit zu hüten. Wenn die vom Mechanismus abweichenden Richtungen mit aller wünschenswerten Bestimmtheit erklären, die Physik beschränke sich auf die Feststellung der Beziehungen zwischen den elementaren Daten der Erfahrung, so scheint der Mechanismus in letzter Linie auf der Annahme realer Elemente zu beruhen. Ist das nicht gerade das Gegenteil von den früheren Folgerungen? Bedenkt man, daß der Mechanismus fast die Gesamtheit der Physiker umfaßt, so daß Boltzmann alle anderen Richtungen als Sezessionisten ansprechen kann, dann ist es nicht möglich, weiter zu gehen, ohne diese Frage klargelegt zu haben.

6. Zur Behebung des Einwandes genügt es, daß das Wort „Element" einen ganz neuen, durchaus relativistischen Sinn hat

Das empirisch gegebene oder — wo es sich um ein bloß hypothetisches Element handelt — als solches vorausgesetzte Element gleicht allen übrigen Daten der Erfahrung. Es ist ein Elementarphänomen, methodisch allen anderen Phänomenen analog, nur einfacher als sie, nichts weiter; es ist demnach eine Relation. Dies hat besonders Hannequin[1]) betreffs des Atoms gezeigt, und dies liegt in allen modernen Auffassungen des Atoms, wie wir sie früher skizzierten. Das Atom ist relativ, es ist die Vorstellung oder Verbildlichung einer empirischen Beziehung. Es ist leicht zu sehen, daß man heute die Kraft, besonders die Zentralkräfte, die in der Newtonschen Physik eine so bedeutende Rolle gespielt haben, ebenso auffassen würde, ebenso wie die von Helmholtz und Lord Kelvin erneuerten Kartesianischen Wirbel.

Wenn also der Mechanismus Elemente beibehält, z. B. die Bewegung — dieser Ausdruck eignet sich mehr als ein anderer, den Sinn des Wortes „Element" in konkreter Weise klarzustellen — so definiert er sie mittelst Relationen; das Element hat keine andere Bedeutung als die, welche ihm diese Relationen verleihen; eine andere Objektivität besitzt es nicht. In der modernen

[1]) Essai critique sur l'hypothèse des atomes dans la science contemporaine, Paris, F. Alcan.

Physik befinden wir uns somit überall auf dem Gebiete des Relativen. Die Physik weiß nichts von der Materie im metaphysischen Sinne des Wortes; was der Mechanismus unter Materie versteht, ist nicht die reale Ursubstanz, sondern die empirisch fundierte Synthese der allgemeinsten Beziehungen, ein Erfahrungsinhalt, also ein Inbegriff von Relationen.

In seiner Schrift „La valeur de la science" charakterisiert Poincaré die Phase, welche die Physik soeben durchläuft und in der wir noch stehen, als „Physik der Prinzipien". Prinzipien sind notwendige Relationen, nichts anderes. Die Physik beruht also gänzlich auf Relationen. Und wenn dieser Forscher eine andere Periode gewahrt, welche beginnt und deren Vorläuferin die kinetische Gastheorie ist, so verzeichnet er damit nicht eine Rückkehr zum realistischen Mechanismus, sondern einen Fortschritt zum relativistischen Empirismus, denn dies wäre der Triumph des gegenwärtigen Mechanismus, der ganz vom Empirismus und Relativismus erfüllt ist.

Die moderne Physik ist also als ein Phänomenalismus oder absoluter Positivismus im Sinne von J. St. Mill oder Comte zu bestimmen. Sie hätte sich nicht so bestimmen lassen, wenn man zur Zeit, da diese Philosophen den Phänomenalismus und Positivismus begrifflich festlegten, nur die Arbeiten und Anschauungen der Physiker zu Rate gezogen hätte. In dieser Hinsicht hat die Philosophie die wissenschaftliche Bewegung sehr klar vorausgesehen und vorangenommen.

7. Für die Physik der Gegenwart löst sich die physische Welt in letzter Linie in Empfindungen genauer — denn der Ausdruck Empfindung ist ziemlich vag — in Vorstellungen der äußeren Sinne auf. Die Relationen, welche diese Vorstellungen bestimmen, bilden den Gegenstand der Physik. Die Eigenschaften, welche jede Vorstellung qualitativ konstituieren, dasjenige, was, psychologisch ausgedrückt, die Empfindungen selbst sind, deren Synthese und Relationen diese Wahrnehmungsinhalte ergeben, darum kümmert sich die Physik nicht.

Es ist nämlich wohl zu beachten, daß der Positivismus und Phänomenalismus des Physikers, wie dies von einem wissenschaftlichen Begriffe wohl zu erwarten war, einen vollständigeren, präziseren Sinn hat, als der philosophische Positivismus und

Phänomenalismus. Nur in ganz allgemeiner und vager Weise ist der Philosoph dem wissenschaftlichen Forscher vorangegangen. Letzterer hat der Behauptung des ersteren einen konkreteren und exakteren Sinn gegeben, er hat sie ergänzt und zugespitzt. Denn der philosophische Positivismus begnügt sich mit der Behauptung, daß wir das Absolute nicht erkennen können, weil wir in dem Bereich unserer Bewußtseinszustände, unserer Empfindungen eingeschlossen sind und weil diese von der Konstitution unseres Geistes ebenso sehr, wenn nicht mehr als von der der Dinge abhängig sind, wenn es überhaupt extramentale Dinge gibt. Als notwendige Folgerung fügt er dem hinzu, daß alles, was wir erkennen, nicht ein Objekt, sondern die Relation eines Subjekts zu einem Objekt sei.

Die moderne Physik nimmt diese Doppelbehauptung auf: die Unmöglichkeit einer totalen Erkenntnis und die Beschränkung unseres Wissens auf Relationen. Diese letzteren sind aber in einem viel positiveren und empirischeren Sinne zu verstehen. Was die moderne Physik behauptet, ist, daß das, was wir als elementare Wahrnehmungseinheiten ansehen, nur mittelst Relationen zu bestimmen ist. Das Wort „absolut", angewendet in Ausdrücken, wie: absolute Temperatur, absolute Bewegung, absolute Zeit usw. bezeichnet, wenn der Ausdruck analysiert wird, nur eine, zwar konstante, unbedingte, notwendige Relation, stets aber eine Relation.[1]) Mit anderen Worten, jede Erfahrung stellt eine Relation dar und nichts weiter, denn jede Erfahrung ist eine Messung.

Wir können nicht umhin, zu bemerken, wie sehr dieser Standpunkt der Physik mit den neuesten Ergebnissen der Erkenntnispsychologie im Einklange ist. Auch hier ist die Empfindung das, als was sie uns erscheint, was wir von ihr erkennen, nur durch vielfache Beziehungen zu den vorangehenden, begleitenden und Folgezuständen; sie läßt sich nur als Funktion dieser Relationen bestimmen.

Kurz, die Elemente jeder physikalischen Theorie, gehöre sie welcher Richtung immer an, sind Relationen. Und in der mecha-

---

[1]) Vgl. darüber die Anmerkung betreffs der absoluten Bewegung und der Anschauungen von Painlevé.

nistischen Theorie ist die schmiegsame, bildliche Darstellung nur die Konkretisierung der allgemeinsten Relationen, der Prinzipien, mittelst Wahrnehmungsdaten.

Eine beständig revidierbare, fortschreitende Erfahrung; die ganze Physik eine Funktion der Erfahrung, also in jedem Momente in Beziehung zu ihr: dies ist die Physiognomie der modernen Physik.

---

4. Kapitel.

Rolle und Stellung der Hypothese.

1. Ist das bisher Ausgeführte richtig, dann kann man sagen, die Physik hat sich seit der Renaissance dahin entwickelt, daß sie immer mehr einen empirischen Charakter angenommen hat. Heute scheint sie das Ziel dieser Entwicklung erreicht zu haben. Im vollsten Sinne des Wortes ist sie eine positive Wissenschaft geworden.

Die anspruchsvollen Konstruktionen, welche die Erfahrung meistern sollten, alles, was an das A priori oder an eine überempirische Notwendigkeit erinnern kann, das alles ist verschwunden. Nichts würde einen Physiker mehr verwundern, als etwas Derartiges, so sehr ist er gewohnt, alles nur auf Grundlage der Erfahrung zu behaupten und so bereit ist er, von ihr Angaben hinzunehmen, die er nicht einmal ahnte oder gegen die er mit aller Energie aufgetreten wäre. Daher nehmen die beschränkten Hypothesen, die mechanischen, vorläufigen Modelle auf Kosten der umfassenden, voreiligen Systematisierungen, zu.

Die physikalisch-chemischen Wissenschaften weisen jetzt eine Spezialisierung auf, welche sogar manchen Forschern als übertrieben und gefährlich erscheint.[1])

Jede bearbeitet nur einen kleinen Teil des wissenschaftlichen Feldes und ersinnt ihre Hypothesen und theoretischen Konstruktionen, ohne sich viel um das Ganze zu kümmern. Es kommt, wie wir sahen, vor, daß die theoretischen Konstruktionen und Hypothesen zu widerspruchsvollen Konsequenzen führen. Die Philosophen erregen sich darüber und schmieden daraus oft einen

---

[1]) A. Houllevigne z. B. in einer Abhandlung der „Revue de Paris" vom 1. Juli 1905: „Les frontières des Sciences".



Einwand gegen die Objektivität und den Wert des physikalischen Wissens. Die Physiker hingegen kümmern sich wenig darum. Sie rechnen auf spätere Erfahrungen, sei es, um den Streit durch Ablehnung eines der Gegensätze zu schlichten, sei es, um durch eine allgemeinere Theorie darzutun, daß der Widerspruch nur scheinbar bestand.

Dieses Vertrauen auf die Erfahrung einerseits und die Relativität und die engen Schranken unserer gegenwärtigen Erfahrung andererseits haben zur wichtigen und scheinbar paradoxen Folgerung geführt, daß die Hypothese in der Physik eine wachsende Rolle spielt. Niemals hat man die Tatsachen mehr herangezogen, und niemals hat man den Antizipationen der Erfahrung mehr Spielraum gewährt. Und zwar deshalb, weil man zur Verifikation einer Hypothese stets experimentiert und weil die bewußte Mutmaßung ein wesentliches Moment der Experimentalmethode ist.

2. Solange man der Methode der intellektuellen Anschauung treu blieb, waren die theoretischen Konstruktionen für ihre Urheber und oft auch für die ganze Epoche — wenn man an die Konstruktionen denkt, welche fast alle Physiker für sich hatten — keine Hypothesen. Manche Teile konnten als hypothetisch betrachtet werden, aber die Grundlinien und Grundlagen schienen definitiv zu sein. Die Geschichte des traditionellen Mechanismus bezeugt dies klar. Jede Epoche ist durch eine Hauptform der mechanischen Theorie gekennzeichnet, und stets galt diese Form als von absolutem Wert. Wenn Newton erklärt: Hypotheses non fingo, so denkt er an die Kartesianische Hypothese und merkt nicht, daß er den Grund zu einer anderen Hypothese, der der Zentralkräfte legt. Für seinen Dogmatismus ist diese Hypothese der Ausdruck der Wirklichkeit selbst, keine Hypothese mehr. Das gilt auch für jene, welche finden, daß der Kraftbegriff dunkel sei; sie haben von der Kraft keine sinnliche Vorstellung, daher ist sie hypothetisch. Hingegen erscheinen ihnen die Bewegung, der Stoß der körperlichen Massen als klare Begriffe und Erfahrungsinhalte. Um keine Hypothesen zu schmieden, lehnen sie den Kraftbegriff ab und vertreten sie einen kinetischen Atomismus. Mit Recht ist also zu sagen, daß in dieser Physik, wo für unsere gegenwärtigen Denkgewohnheiten alles

hypothetisch ist, die Stelle, welche die Urheber und Anhänger der Hypothese bewußt und willentlich zu belassen glaubten, äußerst klein war. Für sie war die Hypothese ein unwesentliches und sekundäres Beiwerk der Methode.

Dies war, man beachte es wohl, eine logische Konsequenz dieser innigen Verbindung intellektueller und empirischer Anschauung, welche die Methode der Physik in der Mitte des 19. Jahrhunderts charakterisiert. Deshalb, weil die Physiker ein unerschütterliches Vertrauen zu jedem einfachen, klaren und deutlichen Begriff hatten, weil für sie die rationale Evidenz das unbewußte Kriterium der Wahrheit und Wirklichkeit war, konnten sie bei einem System keine Grenze ersehen, wenn es auf einfachen, klaren und deutlichen Begriffen beruhte. Da sie der Grundlagen sicher waren, hatte für sie die Hypothese kaum mehr einen Platz in der Entwicklung der Wissenschaft, sondern war nur ein vorbereitendes Moment in der Einbildungskraft des Forschers bei der Untersuchung von Einzelheiten.

3. Solche Ansprüche vertrugen sich nicht mit einem bewußten und wohl bestimmten Experimentalismus. Die Erfahrung muß notwendig neuen Forschungen Raum gewähren. Somit ist das Feld der Hypothesen praktisch unbegrenzt. Fügen wir hinzu, daß man wahrscheinlich die bisher gewonnenen Ergebnisse im Verhältnis zu den noch gewinnenden nicht als beträchtlich ansehen kann, so sieht man sogleich die Rolle und Stellung der Hypothese in der modernen Physik. Sie ist in doppelter Beziehung ein wesentlicher und integrierender Faktor derselben. Einerseits schreitet die Wissenschaft nur fort, indem sie Hypothesen formuliert und die zu ihrer Verifizierung notwendigen Forschungen veranlaßt; andererseits erfordert der gegenwärtige Stand der Wissenschaft, daß die meisten ihrer Sätze wieder Hypothesen sind, besonders ihre allgemeinen Sätze.

Der zweite Punkt verdient genauere Berücksichtigung, denn es handelt sich hier wieder um einen direkten Gegensatz zwischen dem alten und dem neuen Geist der Physik.

Die scholastische Physik hatte den Ehrgeiz, die allgemeinen Sätze, aus denen sich das ganze System der Natur ableitet, unmittelbar zu erreichen. Dagegen trat die Physik der Renaissance auf, doch bewahrte sie immer noch genug Vertrauen zu unserer

natürlichen Einsicht, um zu behaupten, daß wir die einfache Natur erreichen können. Sie ist nicht mehr die wesentliche Eigenschaft, welche alle besonderen Eigenschaften einschließt, sie ist die in allen anderen sich wiederfindende Tatsache, welche durch Zusammensetzung mit sich selbst sie erzeugt. Diese Grundtatsache gewahrt der Intellekt zuerst, denn sie ist einfacher als jede andere, und ist sie einmal gefunden, so reduziert sich das physikalische Problem darauf, zu finden, wie die übrigen Tatsachen aus der Grundtatsache entspringen, und die anderen Tatsachen aus dieser zu rekonstruieren. Es sind nur noch die allgemeinen Regeln der mathematischen Demonstration anzuwenden, mittelst deren die Lösung noch unerledigter Probleme aus bekannten Elementen bewerkstelligt wird. Indem der traditionelle Mechanismus sich auf die Evidenz der einfachen Beziehung, den Eckstein der physikalischen Theorie, stützt, können für ihn die Grundlagen seiner Theorie nicht zweifelhaft sein.

Die moderne Physik behält nichts davon bei. Wohl ist sie der Ansicht, daß unsere ersten Entdeckungen in der Tat sich auf äußerst einfache Tatsachen beziehen; deren Einfachheit ermöglicht die Formulierung ihrer Gesetze. Weiter nimmt sie an, daß diese Gesetze in der Physik eine sehr wichtige Rolle haben, denn durch ihre Verallgemeinerungen und fortschreitenden Anpassungen wurden die weiten Gebiete der Physik angebaut. Aber diese Verallgemeinerungen und Anpassungen sind alle durch die Erfahrung, wenn nicht diktiert, so doch mindestens suggeriert worden, und die vergangenen und künftigen Erfahrungen sind die einzige Gewähr für die Gültigkeit dieser Verallgemeinerungen und Anpassungen. Daraus folgt, daß sie nicht mehr als definitiv und unveränderlich gelten; sie sind entwicklungsfähig, wie Hypothesen, die, so fundamental sie auch sein mögen, sich immer mehr präzisieren, vervollständigen, verbessern.

Sie bleiben also ständig der Revision und Einschränkung unterworfen. Man kann nicht sagen, daß diese Entdeckungen durch die Einfachheit, die sie früher als andere zeitigte, nicht eine bevorzugte Stellung einnehmen; sie konstituieren ein besonderes stabiles Gebiet. Aber niemand nimmt heute mehr an, dieses Gebiet sei die ganze Physik, vielmehr erblickt man darin nur einen Inbegriff notwendiger Bedingungen, der nicht als zu-

reichend bestimmt werden kann. Dies steht für Duhem fest: die Grundtatsachen des klassischen Mechanismus sind die Grundlagen einer Teiltheorie der Physik, der Theorie der einfachsten oder vielmehr der am meisten vereinfachten Erscheinungen. So auch für Mach, der nur die Erfahrung in möglichst einfacher Weise systematisieren will und sich stets bereit erklärt, für neue Tatsachen neue Prinzipien anzunehmen; ferner für Poincaré, welcher erklärt, die Anwendung der allgemeinen Grundsätze könne stets durch neue Erfahrungen eingeschränkt werden, für welche diese Grundsätze unzureichend sind und welche neue erfordern.

Aber auch der moderne Mechanismus anerkennt dies. Er gibt durchaus zu, daß die einfachen Relationen, aus denen der ältere Mechanismus die notwendigen und zureichenden Bedingungen der Naturerklärung machte, in dieser Erklärung subsistieren müssen; aber sie stellen nur einen, und zwar einen abgeleiteten Teil oder ganz allgemeine und demnach hypothetische, unvollständige und vage Umrisse derselben dar. Der Mechanismus setzt voraus, daß die Art und Weise, wie sie empirisch erworben wurden, eine Bürgschaft ihrer Stabilität sei. Aber der von ihm vertretene Empirismus verbietet ihm, darin etwas anderes zu sehen, als die an das gegenwärtige Erfahrungsganze best angepaßte Mutmaßung und in dieser letzteren etwas anderes als einen Anfang; man hat gut begonnen, aber es ist wichtiger, gut fortzufahren. Und der Habitus der Physik wird sich ändern, wenn man die Arbeit fortsetzt.

Mit anderen Worten, die Elemente, welche die ältere, durch den traditionellen Mechanismus vertretene Physik als die gesichertsten ansah, betrachtet die neue Physik eben wegen der ihnen zugewiesenen fundamentalen und allgemeinen Rolle als hypothetisch, der Mechanismus ebenso wohl wie die übrigen Richtungen, obzwar er ein viel größeres Zutrauen zu diesen Hypothesen hegt.

Die Grundlagen, Prinzipien und Allgemeinheiten der Physik sind — dies ist eine Konsequenz des herrschenden Empirismus — weniger gesichert als die Einzelheiten und besonderen Gesetze.

4. Alle gegenwärtigen Auffassungen der Physik betonen ferner eine der klassischen Physik nicht oder kaum bekannte

Tatsache: die Entwicklung der theoretischen Physik. Nun ist eine Entwicklung der theoretischen Physik nur begreiflich, wenn die Grundlagen der Theorie wenigstens in ihrem genaueren Detail nicht unerschütterlich feststehen. Eine Theorie ist nur dann entwicklungsfähig, wenn in ihr eine Hypothese steckt.

Wir sehen nun, warum die Theorien der modernen Physik, sobald sie sich von den Einzeltatsachen entfernen, äußerst geschmeidig und plastisch sind, warum sie die Erscheinungen mehr oberflächlich streifen als daß sie in sie eindringen wollen. Jede allgemeine Theorie der modernen Physik schreitet durch Andeutungen vor. Die Möglichkeit der Theorie wird, wie in der Untersuchung über die Elektrizität von Maxwell, gezeigt. Man hütet sich wohl, eine vollständige und wirkliche Ausarbeitung derselben zu unternehmen. Kurz, man sucht das, was trotz des vielen Unbekannten der künftigen Erfahrungen kraft der vergangenen festgestellt oder mutmaßt werden kann. Und die Größe dieses Unbekannten zwingt notwendig zu sehr vagen Allgemeinheiten und zu einer sehr oberflächlichen Systematisierung.

Diese Rolle und Stellung der Hypothese charakterisiert nicht bloß die moderne Physik, sondern auch die Meinungsverschiedenheiten der verschiedenen Richtungen, auf die sich uns die modernen Physiker zu verteilen schienen. Solange man glauben konnte, die Grundlagen der Physik ständen unerschütterlich fest, war für Divergenzen betreffs der Prinzipien kein Raum. Die Physiker diskutierten mehr über Einzelfragen als über allgemeine Punkte, und wenn besondere Entdeckungen, wie in der Wärme- oder Lichttheorie (Hypothese des Wärmestoffes und der Emission) zur Abänderung der Theorie führten, so betreffen diese doch stets nur eine besondere Form der Theorie betreffs eines Einzelpunktes, und die spätere Epoche zeigt sich ebenso einheitlich wie die frühere. Niemals stand das theoretische Ganze der Physik zur Diskussion; nur in gewissen Punkten ward es modifiziert und diese Modifikationen galten als besondere Modifikationen, welche die „perennis physica" in keiner Weise berührten. Es gab eine traditionelle Physik.

Heute hingegen glaubt man, in logischer Konsequenz des Vorstehenden, daß die Übereinstimmung in Einzelheiten erfolgt, denn diese Einzelheiten lassen sich durch Erfahrungen erledigen.

Betreffs der allgemeinen Theorien aber kann die größte Weitherzigkeit und Toleranz obwalten, denn sie können nur Hypothesen sein. Die Rolle und Stellung der Hypothese hat auf dem ganzen Felde der Generalisationen, d. h. in der ganzen theoretischen Physik zu den Divergenzen der Richtungen geführt. Diese Divergenzen haben ihren Grund darin, daß die allgemeine Physik bewußt und willentlich eine konjekturale Physik ist. Man sieht, welchen Wert die Kritiken der objektiven Bedeutung der Physik haben, welche sich auf diese Unstimmigkeiten stützen. Diese beziehen sich nicht auf den Stoff und Inhalt der Physik, sondern auf die Antizipationen der Erfahrung innerhalb des Gebietes, das sich von der einzigen Quelle des Wissens zumeist entfernt. Hat man nicht vielmehr aus Achtung vor dem theoretischen Werte der Wissenschaft, vor ihrem Wissenswerte, zwischen dem Objektiven der Erfahrung und dem Subjektiven der Hypothesen sorgfältig unterschieden? Und ist es nicht diese Unterscheidung, was die Mannigfaltigkeit, den Gegensatz und Widerspruch der Hypothesen ermöglicht? Ohne Paradoxie kann man sagen, daß niemals der objektive Wert der Wissenschaft gesicherter, begründeter, unseres Zutrauens würdiger war, als seitdem die Verschiedenheit der Meinungen auf dem Gebiete der theoretischen Physik freien Lauf erhielt. Denn dies kennzeichnet das klare und deutliche Bewußtsein dessen, was wirklich und dessen, was hypothetisch ist, des Gewissen und des Ungewissen, des Objektiven und des Subjektiven, des Gegebenen und des Erzeugten.

5. Die fortschreitende Entwicklung der Physik hat, indem sie diese Unterscheidung bewerkstelligte, zugleich vermöge der Einstimmigkeit aller Physiker betreffs des den Hypothesen freigegebenen Feldes feste und definitive Partien erstellt. Auch dies ist eine Konsequenz des radikalen Empirismus, welcher den Geist der modernen Physik charakterisiert. Ist die Erfahrung ihr eigener Bürge, und gibt es keine anderen Kriterien des Wahren und Objektiven als die Erfahrung, so müssen durch alle Wandlungen der künftigen Physik hindurch die Rohergebnisse der Erfahrung intakt bleiben, vorausgesetzt, daß diese mit allen Kautelen und Berichtigungen der experimentellen Methoden sowie mit allen Einschränkungen dieser, wie sie die Schranken unseres experimentellen Verfahrens mit sich bringen, angestellt wird. Diesbezüg-

lich stimmen alle Physiker überein. Die Experimentalphysik ist ein festes Zentrum, gegen welches keine Änderung der Theorie, keine Modifikation der Deutung aufkommen kann. Die Physik von morgen wird alle unsere sicheren Erfahrungen wiederfinden und sich ihnen ebenso genau anpassen müssen, wie die heutige Physik.

Man wird sich also vor Formeln, wie: die Erfahrung von morgen kann der Erfahrung von heute widersprechen, hüten. Auf dem Boden, auf dem die Wissenschaft verbleiben will und wo wir genötigt sind, ihr zu folgen, kann die Erfahrung von morgen der heutigen nicht widersprechen. Sie kann wohl zeigen, daß eine Erfahrung ungenau war, aber indem eine neue Erfahrung den Grund des Irrtums aufzeigt, bestätigt sie die Gültigkeit des empirischen Kriteriums, weit entfernt, es zu entkräften. Sie gibt ihm allen nur wünschenswerten Halt gegen den Skeptizismus. Zwei entgegengesetzte Erfahrungen sind zwei Erfahrungen, bei denen wir eine der wesentlichen Bedingungen der Erfahrung nicht kennen; gerade ihr Widerspruch reizt uns an, sie zu finden. Die „Methode der Reste" ist übrigens in der Praxis nur die ständige Illustrierung dieser Bemerkung.

Nichts Unstatthafteres gibt es als jene Kritiken, welche sich darauf stützen, daß die experimentelle Methode im Durchschnitte fortschreitet, daß sie die Erfahrungen willkürlich im Namen vorgeblicher Erfahrungsfehler berichtige, daß jede Erfahrung gewissermaßen durch die Methode des Forschers selbst verfälscht werde. Aber innerhalb welcher Grenzen schwanken diese Berichtigungen? Alles, was sich folgern läßt, ist nur dies, daß unsere Instrumente und unsere Sinne unvollkommen sind, daß unsere Technik noch Fortschritte zu machen hat und daß diese Fortschritte die gewonnenen Resultate nur in untergeordneter und zu vernachlässigender Weise abändern werden. Hat nicht eine Durchschnittserfahrung zur Feststellung und Messung der Beziehung zwischen zwei Vorgängen ebensolchen Wert wie eine Erfahrung, welche mittelst viel präziserer Instrumente gemacht worden wäre? Die Arbeit ist länger und schwieriger, aber von gleicher Objektivität. Jenes Argument ist ebenso sophistisch wie das der vorgeblichen Widersprüche der Erfahrung. Es gibt keinen Physiker, der für jetzt oder für die Zukunft die Resultate einer methodisch geprüften Erfahrung bezweifeln wird.

5. Kapitel.

Rolle und Wesen der physikalischen Theorien.

1. Ließe sich das, was Ergebnis der Erfahrung ist, von dem, was der Theorie angehört, leicht scheiden, so wäre das Problem der Objektivität der Wissenschaft gleich gelöst. Aber die Frage wird dadurch verdunkelt, daß alle Physiker in übereinstimmender Weise erklären, daß diese beiden Elemente sich nur vermittelst einer künstlichen und in gewissem Maße willkürlichen Analyse unterscheiden. Die wirkliche, konkrete Wissenschaft enthält sie in jedem Moment ihrer Entwicklung in innigem Gemenge.

Alle mechanistischen Physiker der Gegenwart sehen in der Hypothese einen integrierenden Bestandteil der physikalisch-chemischen Wissenschaften, der allen ihren Operationen beigemischt ist und überall einen Rückstand zurückläßt. Die Laboratoriumsforscher, die doch dieser Anschauung am meisten widersprechen sollten, verfechten sie am energischsten.[1] Die Physiker, welche, wie H. Poincaré, dem Mechanismus gegenüber eine kritische Stellung einnehmen, zeigen den ständigen Einschlag der Theorie in die von ihr erweiterte Erfahrung.[2] Die Energetik endlich bestimmt nach Duhem streng, daß alle Erfahrung theoretische Elemente einschließt, daß jedes empirische Resultat eine Denkoperation voraussetzt.

Erhebt sich dann aber nicht ein unüberwindlicher Gegensatz zwischen dieser neuen und den vorangehenden Annahmen?

Wie kommt es, daß die zeitgenössischen Physiker mit gleicher

---

[1]) Lucien Poincaré, Revue Pédagogique, 1905.

[2]) Vgl. die Theorie der physikalischen Prinzipien in Poincarés „Science et hypothèse". Schon der Titel dieser Arbeit zeigt die Stellung des Verfassers zu dieser Frage an.

Autorität und Einstimmigkeit zweierlei behaupten: erstens, daß ihre Wissenschaft durch ihre Verbindungen mit der Erfahrung objektiv, zweitens, daß die Erfahrung von theoretischen und subjektiven Annahmen niemals unabhängig ist?

2. Da sie beide Glieder dieser Antinomie zugleich behaupten, so müssen wir den Widerspruch dadurch zu beheben suchen, daß wir uns zu einem Gesichtspunkt erheben, auf dem beide Behauptungen möglich sind.

Welche Rolle spielt der theoretische Teil der Wissenschaft und wie kann er, da er dem empirischen Teile sich nicht überlagert, sondern mit ihm vermischt, dies tun, ohne ihn zu beeinträchtigen? Hier die Lösung: Die Theorie konstituiert ihrem Wesen nach eine Methode. Ihr verdankt man, wenigstens zum Teile, die empirischen Resultate, und sie findet sich in ihnen, bleibt an ihnen beteiligt, so daß das Objekt stets in irgendeiner Form den Stempel des Werkzeugs trägt, das zu seiner Herstellung gedient hat. Die Einheit von Theorie und empirischem Resultat ist nicht die Einheit einer Kombination, in der die Komponenten in verworrenem Gemisch zusammenkommen. Sie ist keine statische, sondern eine dynamische, funktionelle Einheit. Die physikalische Theorie ist einer der Faktoren der empirischen Forschung, ein Werkzeug derselben.

In diesem Sinne wird die Erfahrung durch die Theorie nicht subjektiviert, nicht ihrer Festigkeit und Wahrheit beraubt. Vielmehr objektiviert die Erfahrung die Theorie und flößt ihr allmählich eine Sicherheit wie die ihrige ein. Denn dort, wo die Theorie gelingt, wo sie sich nützlich, fruchtbar, „bequem", wie manche Physiker gern sagen, erweist, wo sie wahrhaft produktiv ist, da weist sie eine Affinität mit dem Gegebenen auf, da paßt sie sich diesem besser an, da ist sie geeigneter, mit ihm ganz zu verschmelzen, da ist sie adäquater, wahrer, im vollsten Sinne des Wortes wahr. Die theoretische Untersuchung geht zunächst in voller Einheit mit der empirischen Forschung vor, um diese zu produzieren uud zu suggerieren. In der Folge aber ist sie mit ihr gründlicher und realer verknüpft. Stets bleibt von ihr etwas im empirischen Resultat, etwas Endgültiges und Unvergängliches; nicht etwa, daß sie jenes alteriert, sondern, wie sie an dessen Gewinnung mitgewirkt hat, so eignet sie sich jetzt zu

dessen Ausdruck. Nicht alles im Werkzeuge der wissenschaftlichen Forschung geht verloren, nur das Subjektive und Willkürliche. Es bleibt, was objektiv und notwendig ist, was mit der Erfahrung übereinstimmt, was bewahrheitet ist und mit ihr nur noch eins ist.

Die Theorie hat demnach in der heutigen Physik wesentlich einen methodologischen, heuristischen Wert. Der Physiker gebraucht sie als Hilfsmittel bei der Erforschung der Natur, weil sie ihm ermöglicht, physikalische Erkenntnisse vorauszunehmen, ein Resultat der Erfahrung vorauszusehen, ihm vorauszugehen und die Bedingungen seines Auftretens zu erwecken. Die Erfahrung, sagt Descartes, dient dazu, mittelst der Wirkungen den Ursachen vorauszugehen. Dieser Satz läßt sich so wenden: Die Erfahrung dient dazu, der Theorie, der rationalen Anschauung mittelst der sinnlichen Anschauung voranzugehen. Die Umkehrung dieses Satzes würde die Theorie der physikalischen Theorie bei den modernen Physikern sehr genau zum Ausdruck bringen: Die Theorie dient dazu, der Erfahrung voranzugehen; die subjektive Anschauung gibt die Möglichkeit einer sinnlichen Anschauung ein, und die letztere dient ihr als Maß und Norm. Dies ist das Postulat des modernen Empirismus. Wer sieht hier nicht, daß das, was von der Theorie in der Erfahruug bleibt, die Antizipation der Erfahrung ist.

3. Man darf mit Recht sagen, daß jedes empirische Resultat theoretische und subjektive Elemente enthält, ohne die es nicht bestehen kann. Ebenso darf man sagen, daß das empirische Resultat seine Objektivität um nichts weniger behält. Dieser Auffassung gemäß ist die physikalische Theorie zugleich das, was die Entdeckung eingibt und was durch die in der Entdeckung verbleibenden Elemente zu ihrer Systematisierung und Einordnung in das Ganze der physikalischen Erkenntnisse dient. Sie ist methodologisch im zweifachen Sinne, da sie das Mittel ist, durch das eine noch unbekannte Beziehung der Erfahrung klargelegt wird, und zugleich das Mittel, durch welches diese Beziehung mit den schon bekannten Relationen verknüpft wird. Sie erhellt das Unbekannte, indem sie das Licht des Bekannten darauf wirft, und sie vereinigt die alten und neuen Forschungsergebnisse in einer einheitlichen, harmonischen Konstruktion. Sie ist das Werkzeug der Entdeckung und der Systematisation.

4. Aber diese Auffassung der physikalischen Theorie ist nicht nur mit allem in Einklang, was wir von der Verwertung derselben seitens der modernen Theorie sehen. Sie stellt diese in einem völlig neuen Lichte dar. Als man die Hypothese als ein transitorisches Moment der Methode betrachtete, welches die Fortschritte der Wissenschaft selbst rasch hinter sich lassen, blieb die Hypothese gewissermaßen außerhalb der Wissenschaft, als eine Krücke, deren man sich so rasch als möglich zu entledigen hatte. Als man hingegen die Hypothese zum Range einer permanenten Theorie, zum Abschluß der Wissenschaft erhob, vergaß man ihren hypothetischen Charakter recht schnell; ihre dauernden Teile betonend, gab man der Theorie einen ontologischen Wert. Daher die Übertreibungen des klassischen Mechanismus, daher die intuitive, kartesianische Auffassung der Wissenschaft, daher das, was innerhalb und später, gegenüber neuen Übertreibungen, auch außerhalb der Physik die moderne Kritik der Physik und der Wissenschaft überhaupt gezeitigt hat.

Die methodologische Auffassung der physikalischen Theorie tritt zunächst zu einer rein psychologischen Anschauung in Gegensatz, welche in ihr eine flüchtige Eingebung der individuellen Phantasie des Forschers erblickt. Sodann steht sie im Gegensatz zu der Anschauung, welche die großen Wissenschaftstheorien und die ganze mechanistische Tradition hinter sich hatte, nämlich zur ontologischen Anschauung, welche aus der Theorie eine die Erfahrung überragende, von ihr fast unabhängige Intuition des Wirklichen machte.

Für sich allein, unabhängig von der Erfahrung, hat die physikalische Theorie keinen wirklichen Wert. Sie hat aber einen methodischen Wert. Sie ist nicht die rein individuelle Eingebung, deren sich jeder Forscher nach Belieben bedienen und entäußern kann. Sie ist vielmehr das unentbehrliche Werkzeug des Physikers; ohne irgendeine Theorie kommt keine Physik zustande. Und wenn auch heute verschiedene Formen der Theorie auftreten, so treten sie doch einander nicht wie Träume der Individuen gegenüber, sondern wie die Anschauung einer Schule jener einer anderen Schule, d. h. als etwas, was auf Festigkeit Anspruch macht und die Geister um sich scharen will. Die physikalische Theorie stellt sich somit als eine allgemeine Methode,

nicht als ein individuelles Verfahren dar. Sie ist kein Zufalls-instrument, sondern eine unentbehrliche und notwendige Technik, ein lebendiges Organ.

So ist es zu verstehen, daß die Theorie dadurch, daß sie beständig an den Resultaten der Physik Anteil hat, diese in keiner Weise zu beeinträchtigen und zu schwächen vermag, wie groß auch der Anteil der in ihr enthaltenen Hypothesen und Kunstgriffe sein mag; denn sie wirkt an der Erfahrung nur als Werkzeug mit, und es bleibt von ihr in den mit ihrer Hilfe gewonnenen Resultaten nur der durch die Erfahrung bestätigte und gesicherte Teil zurück, also jener, welcher weder als hypothetisch, noch als künstlich sich bewährt hat. Das wissenschaftlich Gewonnene bleibt demnach unter der Garantie der Erfahrung und in dem Maße ihrer Gültigkeit intakt.

5. Ist diese Auffassung der physikalischen Theorie richtig — und sie scheint selbst im Mechanismus aus der Analyse der Ansichten der Physiker hervorzugehen —, so folgt daraus etwas sehr Wichtiges: die Streitigkeiten betreffs der Realität gewisser in den Theorien gebrauchter Begriffe büßen stark an Bedeutung ein. Es wird sich nun nicht mehr darum handeln, zu wissen, ob unserem Kraft- oder Atombegriff oder unserem Begriff der Energie eine adäquate Wirklichkeit entspricht; die Diskussionen darüber sind scholastischer Art.

Ich meine damit nicht, es könnten einige dieser Begriffe keine reale Bedeutung haben, sondern ich will nur sagen, daß das nicht durch eine Diskussion oder kritische Untersuchung festzustellen ist. Dies kommt der Erfahrung zu. An dem Tage, da uns die Erfahrung die Atome darstellen wird, werden wir ein Recht haben, von der objektiven Existenz der Atome zu sprechen; bis dahin bleibt das Atom ein theoretischer Begriff. Wir haben nicht dessen objektiven, sondern dessen methodischen Wert zu prüfen, die Fruchtbarkeit, Brauchbarkeit und Wahrscheinlichkeit, die wechselseitig voneinander abhängig sind.

Eine Systematisation, welche den streng empirisch gegebenen Relationen allgemeine, durch eine geistige Konstruktion gebildete Relationen, wie in der Energetik, oder eine Systematisation, welche den empirischen Relationen hypothetische und oft entfernte Antizipationen der Erfahrungen superponiert, wie das in allen

Theorien mechanistischer Art ist, können, wenigstens jetzt, nur auf einen technischen, einen Nützlichkeits-, nicht einen objektiven Wert Anspruch machen. Die physikalische Theorie oder besser die theoretische Physik als Inbegriff gleichartiger physikalischer Theorien ist nur ein Organon.

Die kritische Untersuchung der physikalischen Theorien hängt also weder von der unmittelbaren wissenschaftlichen Bewahrheitung, noch von jenem Teile der Philosophie, welcher über die allgemeinsten Ergebnisse der Wissenschaft hinausgeht, ab. Die Schätzung des Wertes der physikalischen Theorie darf ebenfalls nicht in die Beurteilung des Wertes der seitens der Wissenschaft gewonnenen Resultate eingehen, denn die Theorie stellt sich nicht als ein Tatsachenergebnis, sondern als methodisches Werkzeug dar. Dieser Wert kann nur hinsichtlich der Resultate geschätzt werden, welche diese Methode durch ihre Bequemlichkeit, Nützlichkeit und Fruchtbarkeit ermöglicht. Die physikalische Theorie stützt sich auf dem Boden der positiven Wissenschaft wesentlich auf die Logik der Wissenschaften, d. h. auf die Prüfung der seitens der Physiker und ihrer Kritiken vorgeschlagenen Methoden.

6. Wenn man die physikalischen Theorien als Methoden hinstellt, so stößt man sich an eine zu vermeidende Zweideutigkeit.

Spricht man in den physikalischen Disziplinen von Methoden, so denkt man stets an die zuerst von Bacon angegebenen und später von J. St. Mill und allen zeitgenössischen Logikern entwickelten experimentellen Methoden. Nun ist es ganz klar, daß die physikalische Theorie mit diesen Methoden nichts gemein hat, weder an sich selbst, noch ihrer Rolle und ihren Anwendungen nach; sie besteht neben ihnen und hat ein anderes Ziel. Die für die physikalischen Disziplinen angegebenen klassischen Methoden sind experimentelle, d. h. Kontrollmethoden. Ist im Bewußtsein eine Idee aufgetaucht, so verifizieren sie das wohl Fundierte derselben; zuweilen können sie auch neue Ideen eingeben, aber nur in dem Maße, als der Geist mehr oder weniger bewußt durch theoretische Anschauungen angeregt worden ist, die zu den von der Erfahrung gegebenen Hinweisen hinzukommen. Dadurch ist die methodische Rolle der Theorie gegeben; die Theorie oder

Hypothese konstituiert wesentlich die Methode der Entdekkung und Erfindung, sie regt die vorgefaßten Ideen an, von denen Claude Bernard spricht. Sie interveniert also in der Wissenschaft in einem anderen Momente als die experimentellen Methoden, und sie hat ein anderes Ziel; sie zeitigt die Anschauung, welche dann die experimentellen Methoden zu kontrollieren haben.

7. Damit aber die Theorie ihre Rolle als Entdeckungsmethode spielen kann, darf sie nicht eine reine Fiktion, ein Spiel der Einbildungskraft sein; sie wäre sonst völlig unfruchtbar, und dies war auch eine der Ursachen der Unfruchtbarkeit der Scholastik. Sie muß vielmehr aus den Erfordernissen der Wissenschaft selbst entspringen, in sich alle Realität vereinigen, welche zur Zeit ihrer Aufstellung die Erfahrung dem Menschen zu erkennen gestattet. Die wissenschaftliche Theorie wird demnach nur soweit der Entdeckung dienen, als sie selbst eine Zusammenfassung der gemachten Erfahrung, d. h. der früheren Entdeckungen ist; daher ist jede physikalische Theorie eine Systemisierung der Erfahrung. Einerseits systematisiert und klassifiziert sie die bekannten Tatsachen und Gesetze, andererseits macht sie diese systematische Klassifikation für die Entdeckung fruchtbar.

8. Sind die physikalischen Theorien wesentlich Methoden, dann begreift man leicht ihre Mannigfaltigkeit. Umso mehr, als die Physik im Ganzen, trotz ihrer großen Errungenschaften, noch sehr in den Anfängen zu stehen scheint. Es wird noch über die Form gestritten, welche der Systematisierung der mathematischen Wahrheiten zu geben ist, und diese Systematisierung beginnt erst jetzt sich zu befestigen. Vielleicht nehmen wir übrigens infolge einer menschlichen Illusion den gegenwärtigen Moment einer Entwicklung für den Moment ihrer Vollendung, weil wir das, was morgen sein muß, nicht kennen. Aber es sei zugegeben, daß die mathematischen Tatsachen im Groben ihre endgültige Klassifizierung erfahren haben.

Haben nun nicht die mathematischen Disziplinen einen unendlich einfacheren Gegenstand als die physikalisch-chemischen Wissenschaften? Sind sie nicht von positiver Beschaffenheit, d. h. stellen sie sich nicht durch ihren Gegenstand und durch ihr Verfahren als ein klares und deutliches Wissen schon seit mehr

als 2000 Jahren dar, während die physikalisch-chemischen Wissenschaften erst seit drei Jahrhunderten so erscheinen? Was Wunder also, daß die theoretische Form der Physik noch nicht vollendet ist? Warum staunt man über die Meinungsverschiedenheiten der Physiker in diesem Punkte? Das Gegenteil davon wäre erstaunlich.

Noch mehr: das Gegenteil wäre der Beweis eines Widerstreites der Physik gegen den positiven und modernen Geist.

9. Damit ist der allgemeine Geist der zeitgenössischen Physik gekennzeichnet. Die Mannigfaltigkeit und Divergenz der Anschauungen der Physiker besteht nur auf dem Gebiete der Hypothese und kann sonst nirgends bestehen. Die Hypothese wiederum fungiert nur als Forschungsmethode. Die physikalischen Theorien sind nur insofern mannigfach und abweichend, als sie vor allem einen methodischen Wert haben und als sie dadurch von der Willkür des Geistes, der Wahl, der Hypothese, in welche Form sie sich auch kleide, abhängen. Es folgt hieraus, daß die Divergenz der Theorien niemals einen Einwand gegen die Objektivität und Einheit der Physik bilden kann, ebenso auch, daß diese Einheit und Objektivität der Willkür in der Wahl der Theorien und den damit zusammenhängenden Divergenzen ziemlich enge Schranken setzt.

---

6. Kapitel.

Der Wissenswert der physikalisch-chemischen Disziplinen.

1. Aus den vorangegangenen Ausführungen folgt, daß die physikalisch-chemischen Disziplinen einen wahren Wissenswert haben. Darunter, oder unter dem theoretischen Wert verstehe ich ihren Wert hinsichtlich einer beständig sich erweiternden und vertiefenden Naturerkenntnis, mit Ausschluß ihres Wertes in bezug auf die praktische Verwendung der Naturkräfte.

Man kann nämlich den Wert einer Wissenschaft von zwei Gesichtspunkten aus betrachten, einmal in rein theoretischer Weise, dann auch in praktisch-technischer Weise, vom Gesichtspunkt des Wissens und dem des Nutzens.

Zweifellos hat jedes Ganzes von Erkenntnissen praktische Konsequenzen, alles Wissen ist von materiellem Nutzen; dies ist eine der klarsten und berechtigsten Behauptungen der Forscher und Philosophen seit der Renaissance. Bis dahin war die Nützlichkeit des Wissens rein geistiger Art. Wo die Griechen vom ethischen oder vom Standpunkt der Erkenntnis von Nutzen sprachen (zuweilen wird Sokrates als Utilitarier angesprochen), haben sie stets nur diesen spirituellen und fast ästhetischen Begriff des Nutzens. Für sie handelt es sich nicht um ein materielles, sondern um ein geistiges Interesse, um ein gewissermaßen uninteressiertes Interesse; der Nützlichkeitsbegriff hängt hier mit dem Begriff der Schönheit und Vollkommenheit zusammen, so wie sich die Lust zur ruhigen Freude und glücklichen Weisheit verfeinert. Für sie war die Wissenschaft, die theoretische Kontemplation der höchste Grad der Weisheit und die Definition dieser Vollkommenheit. So war sie denn auch eine Befriedigung des Wissenstriebes und Wissensbedürfnisses. Sie war die Wissenschaft um der Wissenschaft willen, wie ihre Kunst eine Kunst um

der Kunst willen war. Die Renaissance nun verkündete zwar mehr als je die geistige Macht der Wissenschaft, betonte aber zugleich, bei Bacon, Galilei, Descartes, auch deren materielle Macht. In ihren begeisterten Lobsprüchen auf die Wissenschaft vereinigt sie innig die Kraft des Wissens mit der des Handelns.

Die Mehrzahl der Philosophen und Forscher blieb bei dieser Stellungnahme, bis im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts gegen den geistigen Wert der Wissenschaft eine Art Reaktion eintrat. Die Wissenschaft hatte, indem sie sich als positiv darstellte, mit ihren oft unduldsamen und oberflächlichen Kritiken gegenüber den philosophischen Lehren und metaphysischen Systemen nicht gespart; oft hatte sie sich aggressiv und spöttisch gezeigt. Während der Positivismus eine sehr reinliche Scheidung zwischen dem Gebiete der wissenschaftlichen Gewißheiten und dem der Hypothesen hergestellt zu haben schien, hatten die Forscher oft kein Bedenken, das letztere Gebiet zu bearbeiten. Sie trieben dann schlechte Wissenschaft und schlechte Philosophie zugleich, wie dies ihnen die kritischen Geister, die Philosophen zeigten. Und so hatten wir nach den Angriffen der Philosophie auf die Wissenschaft einen Einbruch der Metaphysik in das Gebiet der eigentlichen Wissenschaft, einen direkten Angriff des Mystizismus auf die positive Wissenschaft. Die Verwirrung dauerte in umgekehrtem Sinne weiter.

2. Das Hauptargument nun, mittelst dessen diese mystische Reaktion die positive Wissenschaft angegriffen hat und wodurch sie versucht hat, die Schranke zwischen der positiven Gewißheit und dem metaphysischen oder religiösen Glauben zu beheben, ist die nützliche Wirkung der Wissenschaft.

Die Philosophen und Forscher der Renaissance und der Begründer des Positivismus, der in diesem Punkte sie fortsetzt, hatten nicht an diese Ausbeutung und Umbiegung ihres Gedankens gedacht. Als sie den praktischen Nutzen der Wissenschaft hervorhoben, glaubten sie die Achtung und Bewunderung, die wir gegenüber der Wissenschaft empfinden müssen, die Dankbarkeit, die sie verdient, zu steigern, nicht aber etwas anderes dafür zu setzen. Sie dachten, der Wissenschaft einen neuen Titel zu verleihen, den sie bis dahin infolge der spekulativen Kühnheit der Forscher und ihrer geringen Berücksichtigung der

Erfahrung, der konkreten und praktischen Dinge nicht verdient hatte.

Indem die wissenschaftlichen Neuerer der Renaissance die Wissenschaft von der Höhe einer abstrakten und unfruchtbaren Spekulation zur geduldigen Beobachtung und Erfahrung hinabführten, glaubten sie nicht, die Wissenschaft vom Himmel zur Erde zu bringen und sie an Würde, an intellektueller Tugend verlieren zu lassen, was sie an Nützlichkeit gewann. Vielmehr glaubten sie, eine feste Leiter zu errichten, auf der man sich ohne Gefahr von den gewöhnlichen Tatsachen zu den Ideen und Theorien erheben konnte. Für sie war die utilitaristische Bestimmung der Wissenschaft nur eine Konsequenz ihrer geistigen Bestimmung.

Das 19. Jahrhundert aber hat mehr als die übrigen die ungeheure, fast unendliche Ausdehnung der praktischen Anwendungen unserer wissenschaftlichen Erkenntnisse, besonders der mechanischen, physikalischen und chemischen, erblickt. Diese Erkenntnisse bilden ein partielles Ganzes, welches durch seine Fortschritte einerseits die Aufmerksamkeit der philosophischen Kritik auf sich gelenkt hat, andererseits durch seine praktischen Anwendungen die Welt sehr verwundert hat. So sehr, daß die physikalischen Disziplinen, die bis dahin nur einer intellektuellen Elite vertraut waren, populär geworden sind. Aber sie sind es nur durch jenes Moment geworden, welches die naive, kindliche Phantasie jener, die sie nur von außen betrachten können, erregt: durch ihren Möglichkeitsfaktor, durch die Lenkung der Naturkräfte, welche sie ermöglicht haben. Das Ende des 19. Jahrhunderts hat zugleich die Popularisierung der physikalischen Disziplinen und ihrer Deutung in einem wesentlich praktischen Sinne gesehen. Sie sind in der abstrakten und generalisierenden Sprache der philosophischen Kritik ein Inbegriff sehr feiner, sehr vervollkommneter, sehr exakter technischer Operationen zur Handhabung der physikalischen Kräfte geworden, nichts weiter.

Im ganzen läßt sich in der kritischen Deutung des Wesens der physikalischen Disziplinen eine sehr markante Entwicklung feststellen. In dem Maße, als die technischen Anwendungen jener zunahmen und sich erweiterten, hat der Nützlichkeitswert der Wissenschaft ihren Wissenswert, der ihren normalen, wirk-

lichen Eigenwert darstellt, in den Hintergrund treten lassen. Als man aus anderen, sozialen und besonders religiösen, mehr oder weniger bewußten Gründen glaubte, gegenüber den ebenfalls mehr oder weniger bewußten Übertreibungen mancher blinder Wissenschaftseiferer die Tragweite und den Wert der physikalischen Disziplinen einschränken zu müssen, brauchte man nur die herrschende Meinung zu präzisieren, welche nach und nach zur Verwechslung der Wissenschaft mit deren Anwendungen gelangt war.

Die Wissenschaft ist bewunderungswert, sagte man, aber was macht sie dazu? Die unzweifelhafte Herrschaft über die Naturkräfte, die sie uns verleiht, ihre unaufhörlichen und so schnell wachsenden Dienste, ihre praktische Nützlichkeit. Die Wissenschaft ist vor allem ein nützliches Verfahren oder ein Inbegriff nützlicher Operationen. Zwischen ihr und der Technik besteht keinerlei Unterschied. Und wenn sich die Technik von der Kunst durch ihre Nützlichkeit entfernt, so nähert sie sich ihr wieder dadurch, daß sie eine willkürliche Schöpfung des Menschengeistes ist.

Da die große Menge sich besonders auf den Wissenswert der physikalischen Disziplinen stützt, um die theologischen Offenbarungen anzugreifen, zu verspotten oder zu mißachten, so begreift man, wie leicht diese formelle Negation des Wertes des physikalischen Wissens von gewissen Geistern aufgenommen ward. Sie fand einen vorbereiteten Boden in einem Publikum, welches von der physikalischen Wissenschaft nichts wußte und von den technischen Erfindungen, die sich aus ihr ergaben, ganz eingenommen war. Die Entwicklung dieses Paradoxon verführte die Literatoren.

Zeigt nicht unsere Untersuchung das Sophistische dieser Deutung?

3. Wohl, die Wissenschaft, insbesondere die Physik, hat einen Nützlichkeitswert, und er ist beträchtlich. Aber er bedeutet wenig neben dem uninteressierten Wissenswert, und man setzt sich über das wahre Wesen der physikalischen Wissenschaft hinweg, wenn man dies verkennt.

Wir können sogar sagen, die physikalische Wissenschaft hat an und für sich nur einen Wissenswert. Ihr Nützlichkeits-

wert ist ein indirekter, denn nicht die Wissenschaft verwertet die Naturprozesse für unsere Zwecke, sondern dies geht von der Kunst und Technik aus, die an die Wissenschaft anknüpfen. Diese Künste gehen anders vor als die Wissenschaft; sie haben einen anderen Ausgangspunkt, bedingen in der Regel andere Geistesarten, andere Methoden. Nur zufolge einer sonderbaren Konfusion geschieht es, daß man Wissenschaft und Kunst nicht scheidet; diese Konfusion ist unbegreiflich, denn man braucht nur das Werk eines Forschers zu durchblättern, um einer reinlichen Scheidung beider zu begegnen, jedenfalls aber betreffs der physikalisch-chemischen Wissenschaften.

4. a) So zunächst Duhem. Der Gegensatz, den er zwischen den abstrakten und konkreten Geistern, den Begriffs- und Phantasiemenschen findet, und seine ausgesprochene Vorliebe für die ersteren, die Spur von Geringschätzung gegenüber jenen, welche in der physikalischen Theorie einer materiellen Stütze bedürfen — eine Geringschätzung, die er nicht zu verraten bemüht ist, die man aber doch bei ihm herausspürt —, dieser Gegensatz zeigt uns schon, daß die Physik für ihn vor allem ein Wissen, eine theoretische Erkenntnis, nicht eine praktische Technik ist. Wir brauchen uns nur der Gründe zu erinnern, die er für die Wahl der zur theoretischen Konstruktion nötigen Hypothesen angibt; die wesentlichen sind intellektuell-ästhetischer Art. In allem, was er von der Konstruktion der physikalischen Theorie sagt, spürt man die Sorge um mathematische Eleganz, rationelle Harmonie, vollkommene Übereinstimmung der Gedanken, die besonderen Kennzeichen streng intellektueller und theoretischer Neigungen. Übrigens sagt es Duhem wiederholt ausdrücklich: niemals war, man sage, was man will, die Physik eine Sammlung empirischer Daten gewesen, und sie wird es nie sein. Oft vergleicht er sie mit der Arithmetik und Geometrie. Offenbar hat für ihn die Physik die Tendenz, eine exakte, mathematische, also bis in ihre Einzelheiten begriffliche, intellektualisierte Wissenschaft zu werden. Unaufhörlich nähert sie sich der am meisten uninteressierten, am meisten theoretischen Wissenschaft, die es gibt, und alle Arbeiten Duhems haben die Förderung dieser Annäherung zum Ziele. Er treibt nicht mehr mathematische Physik, sondern Mathematik der Physik.

b) Nach Mach kommt der ganze Bau der theoretischen Physik ganz so zustande, wie der Bau der menschlichen Erkenntnis überhaupt: durch eine Anpassung des Wesens an die Umwelt, die sich mählich im Bewußtsein spiegelt. Zwischen dem, was wir menschliche Intelligenz, menschlichen Intellekt, kurz Vernunft nennen, und einer physikalischen Theorie gibt es sowohl vom Standpunkt ihrer Entstehung und Entwicklung als auch von dem des Wertes ihres Inhaltes keinen nennenswerten Unterschied.

Die Physik ist demnach ein integrierender Bestandteil jenes Ganzen, das wir Intellekt oder Vernunft des Menschen nennen, und sonst nichts. Sie kann praktische Konsequenzen haben, denn auch unsere Vernunft hat solche. Berechtigt dies dazu, ihr die wesentliche Eigenschaft abzusprechen, durch die jene das sind, als was sie dienen: als Erkenntnismittel? In jenem komplizierten Werkzeug, welches die menschliche Art für die Erkenntnis — wohlverstanden für die der Natur und den Bedürfnissen des Menschen gemäße Erkenntnis, denn das Absolute kommt hier nicht in Frage — geschaffen hat, ist die Physik ein wesentlicher Teil, der sich nicht anders umformen läßt, als er sich selbst umformt, noch auch beseitigen, ohne daß unsere Erkenntnis ihre Eigenart verliert. Einen größeren Erkenntniswert, als die Energetik es tut, kann man also der Physik nicht beimessen. Sie ist hier ein Teilstück der menschlichen Intelligenz.

c) Bei Poincaré könnte der in seinen Schriften beständig wiederkehrende Ausdruck „bequem" eine Zweideutigkeit betreffs des Wertes, den er der Physik zuschreibt, ergeben, wenn man nicht den besonderen Sinn, den dieser Ausdruck hier hat, beachtete und wenn er nicht selbst den hohen Wert der Wissenschaft, ihre „eminente Würde" betont hätte.

Bei ihm haben die Ausdrücke „bequem" und „nützlich" einen rein intellektuellen, theoretischen Sinn. Zur Konstruktion einer Theorie wählt der Physiker seine Definitionen, Begriffe, Funktionen, Symbole nach der ihnen eigenen Bequemlichkeit und Nützlichkeit; aber es handelt sich hier um Bequemlichkeit und Nützlichkeit für die Erkenntnis, die Intelligenz, die Erfassung der Naturvorgänge, der objektiven Relationen.

Diese Ausdrücke haben hier ihren praktischen Sinn verloren.

Die Lektüre der Schrift „Der Wert der Wissenschaft“ zeigt dies mit voller Sicherheit.

d) Wenn auch die Behauptungen des Mechanismus von den zeitgenössischen Kritiken der physikalisch-chemischen Wissenschaften besonders getroffen werden, so kann man doch erwarten, daß sie sich diesen Kritiken in bezug auf gewisse utilitaristische Ansichten nähern. Mechanisten haben das reine Denken, die kontemplative Wissenschaft geringgeschätzt. Historisch betrachtet, waren es Mechanisten, welche die Aufmerksamkeit auf die praktischen Anwendungen der Wissenschaft und auf die Beherrschung der Natur durch sie gelenkt haben. Historisch waren es ebenfalls die mechanistischen Anschauungen, welche durch die konkreten und handlichen Vorstellungen, welche den gebräuchlichen Maschinen entnommen wurden, die praktischen Anwendungen der Physik angebahnt haben. Man ist daher oft erstaunt, daß die Kritik sich ganz besonders an die Mechanisten hält; eher würde man erwarten, daß diese Kritik den Mechanismus als das wissenschaftliche Ideal kat exochen hinstellt, als ein wesentlich praktisches, im Grunde durch technische Bedürfnisse bedingtes Ideal.

Aber diese Kritik sah wohl, daß die praktische und utilitaristische Seite des Mechanismus nur sekundärer Art ist. Es war vielmehr die Tendenz des Mechanismus, sich nicht bloß zu einem wahren Wissen zu erheben, sondern auch, sich als absolutes Wissen, als die absolute Wissenschaft zu betrachten. Dieser Anspruch erregt großenteils die skeptische Reaktion. Es zeigt sich also, daß der Mechanismus mehr als die anderen Richtungen die „eminente Würde“ der Wissenschaft unentwegt behauptet. Und wenn er heute auf die Chimäre des Absoluten verzichtet, so behauptet er doch nach wie vor, innerhalb der Grenzen menschlicher Fähigkeiten eine sichere und exakte Erkenntnismethode, ja sogar, immer innerhalb jener Grenzen, die einzige Methode dieser Art zu sein.

6. Diese Folgerung gehört übrigens nicht bloß der mechanistischen Richtung an. Die Behauptung, die Physik schreite nach der einzigen Methode vor, welche uns in den Grenzen menschlicher Erkenntnis ein Wissen verschafft und zu wirklichen Resultaten führt, scheint wieder einer der Punkte zu sein, bezüglich welcher alle Physiker der Gegenwart übereinstimmen und durch

die sie in Gegensatz zu einer skeptischen Philosophie der Wissenschaft treten. Da alle Philosophen, konform den positivistischen Lehren, annehmen, daß die Erkenntnisse der physikalisch-chemischen Wissenschaften relativ sind, so darf man nicht glauben, daß sie ihr eine besondere Art der Erkenntnis gegenüberstellen, welcher das Privilegium vorbehalten bleibt, das von der Physik Unentdeckte zu erforschen. Wohl können die Physiker neben ihren wissenschaftlichen Erkenntnissen Überzeugnngen hegen, welche sich auf metaphysische Probleme beziehen; niemals aber vermengen sie Glauben und Erkenntnis. Die Relativität der physikalisch-chemischen Erkenntnisse gestattet ihnen, neben diesen Erkenntnissen an etwas zu glauben, dem gegenüber die Physik inkompetent ist. Aber eine Erkenntnis dessen ist ihnen nicht möglich. Wir erkennen, streng genommen, nur das, was die physikalische Wissenschaft zu erfassen vermag, sonst nichts. Es gibt auf dem Gebiete der Physik kein anderes Erkenntnismittel. So menschlich auch das Maß dieser physikalischen Wissenschaft ist, so müssen wir uns mit ihr begnügen. Ist sie, wie Poincaré sagt, nur ein Blitz, so wird „dieser Blitz alles sein". Ist sie, nach Mach, nur eine Anpassung des Denkens, so wird die physische Welt für uns nie etwas anderes sein als das Ergebnis dieser Gedankenanpassung. Ist sie eine rein formale Mathematik, wie Duhem meint, so wird diese physikalische Mathematik für den Gegenstand der physikalisch-chemischen Wissenschaften das bedeuten, was für die Zahl und die Ausdehnung die reine Mathematik ist: die vollkommene, exakte Wissenschaft dieses Gegenstandes, da die Mittel zu dessen Erkenntnis gegeben sind.

Es war von Wichtigkeit, dies zu bemerken, denn es ist dies wieder für die Stellungnahme der modernen Physiker gegenüber der ihnen von der skeptischen Kritik zugewiesenen charakteristisch. Diese Kritik verurteilt die wissenschaftliche Methode, indem sie die den Forschern eigenen Argumente betreffs der Grenze ihrer Erkenntnis für sich in Anspruch nimmt; sie verurteilt sie zugleich als unvollständig und, was noch schwerer wiegt, weil sie notwendig ihr Objekt verfälschen soll. Und sie stellt ihr als vollständiger, exakter, realer, wahrer eine andere, angeblich intuitive Methode gegenüber, welche uns den Dingen, wie sie selbst sind oder wenigstens den Sinnesdaten, welche sie so darstellen, wie

sie sind, nahe bringt. Diese Methode ist den Physikern unbekannt. Einen Wissenswert erkennen sie nur der wissenschaftlichen Methode zu. Während also die wissenschaftliche Methode für ihre Verächter nur einen praktischen Wert besitzt und andere Methoden allein einen theoretischen Wert haben, besitzt für die Physiker im Gegenteil die wissenschaftliche Methode allein diesen Wissenswert, die anderen Methoden aber nur einen praktischen oder moralischen Wert.

6. Nach der Ansicht aller zeitgenössischen Physiker stellt sich also die Physik als ein Inbegriff notwendiger Relationen von Resultaten dar, welche die Erfahrung allgemein darbietet und welche in den Präzisionsgrenzen der Erfahrungsmittel für alle Forscher, die unter den gleichen Bedingungen arbeiten, unwandelbar gleich bleiben. Dieser Inbegriff notwendiger Relationen konstituiert den Wert der physikalisch-chemischen Wissenschaften, ihre wirklichen Resultate; sie ermöglichen uns die Herrschaft über die Natur, die erfolgreiche Beeinflussung derselben, sie machen den praktischen Wert der Wissenschaft aus.

Im Gegensatz zu den skeptischen Behauptungen scheint es somit berechtigt, zu sagen, daß der praktische Wert der Wissenschaft von ihrem theoretischen Wert sich ableitet; ihr Nützlichkeitswert besteht nur durch ihren Erkenntniswert. Sie beide sind die zwei untrennbaren und streng parallelen Seiten ihres objektiven Wertes. Sagt man, ein Naturgesetz habe einen praktischen Wert, es sei zur Darstellung der Erfahrungsdaten, zu ihrer Zusammenfassung und Verwendung bequem, so bedeutet dies im Grunde, daß dieses Naturgesetz eine Objektivität besitzt, welche Elemente einschließt, die dem Wirklichen entstammen und das Objekt darstellen.

Wenn eine Philosophie annimmt, zwischen Sätzen, welche dieselbe Einwirkung auf die Natur gestatten, bestehe keine Differenz, anstatt daraus zu folgern, daß zwischen dem Falschen und Wahren keine objektive Unterscheidung, keine theoretische Erkenntnis besteht, so würde sie viel logischer erscheinen, wenn sie umgekehrte Folgerungen zöge. Die Einwirkung auf das Objekt schließt eine Modifikation des Objekts, eine Reaktion desselben entsprechend einer Erwartung oder Voraussicht, welche in dem Satze enthalten ist, kraft dessen auf das Objekt einge-

wirkt wird. Dieser Satz schließt somit Elemente ein, welche durch das Objekt und die Einwirkung, die dieses erfährt, kontrolliert wird. Er nimmt eine als notwendig gedachte Konformität mit dem Erfahrungsinhalt an. In diesen verschiedenen Theorien steckt also etwas Objektives. Aufgabe der Wissenschaft ist es, es herauszuschälen und durch Entwirrung der bestehenden Vermengungen eine theoretische Wahrheit zu begründen. Umgekehrt gibt es dort, wo man allen objektiven Wert und alle Notwendigkeit eliminiert, keine begreifliche Einwirkung von etwas auf etwas. Die Ausdrücke: Wirkung, Nutzen, Bequemlichkeit, praktischer Wert sind hier sinnlos.

---

7. Kapitel.

Der Einklang der physikalisch-chemischen Theorien.

1. Die Argumente der skeptischen Kritik der Physik laufen im Grunde alle auf das berühmte Argument jedes Skeptizismus hinaus: auf die Verschiedenheit der Meinungen. Aber die Divergenzen zwischen den modernen Physikern bestehen bloß in der theoretischen Physik, in der systematisierenden Hypothese. Folglich können sie nichts gegen die Objektivität der Physik beweisen. Jedermann begreift, daß ein und derselbe reale Inhalt auf verschiedene Weise organisiert sein kann und daß die Hypothesen, die Antizipationen der Erfahrung vielfältig sein können.

Wenn aber auch die theoretischen Divergenzen den Wert der Physik nicht berühren können, so kann man überdies behaupten, daß sie mehr scheinbar als wirklich bestehen. Bis in ihre Hypothesen und Theorien, in ihre Systematisierungs- und Entdeckungsoperationen herrscht in der Physik eine tiefe Einheit, welche übrigens die Einheit ihrer Ursprünge, die Erfahrung, wiederspiegelt und nur durch die Objektivität dieser Erfahrung bedingt sein kann. Der empirische und objektive Inhalt der Physik wird den Systematisations-Versuchen und den Orientierungen der Forschung seinen Stempel aufdrücken. Und der Einklang aller physikalischen Theorien in ihren Grundzügen kann wiederum, indem er die allgemeine Organisation des empirischen Inhalts der Physik berührt, gewissermaßen a posteriori die Objektivität dieses Inhalts beweisen.

2. In der Geschichte der Physik lassen sich, wie in jeder Geschichte, große Perioden unterscheiden, welche sich durch die Form und den allgemeinen Charakter der Theorien von einander abheben; die letzteren haben alle gleichsam einen Familientypus und gleichen insofern den Werken eines und desselben Künstlers

oder einer und derselben Schule. Die physikalisch-chemischen Wissenschaften müssen also wenigstens in jeder Epoche eine gewisse Einheit aufweisen, das Willkürliche, welches an der Bildung der Theorien, an der Organisierung und Systematisierung der physikalischen Gesetze beteiligt war, ist also, wie man anerkennen muß, sehr eingeschränkt gewesen.

Betrachten wir eine dieser historischen Perioden etwas näher, so sehen wir sehr bald, warum alle Theorien diesen Familientypus aufweisen. In diesem Momente ließen nämlich das Ganze der erworbenen Erkenntnisse und die großen Entdeckungen keine Wahl, sie nötigten eine allgemeine theoretische Form auf; denn in den physikalisch-chemischen Wissenschaften — wie übrigens in jeder Wissenschaft — werden die Systematisierung, die Theorie und die Anschauungen durch die Erfahrungsdaten oder, wenn der Gedanke an die Mathematik diesen Ausdruck als zu eng erscheinen läßt, durch den Inhalt, den Stoff der Theorie und die Natur ihres Gegenstandes gefordert. Die theoretische Physik ist also eine Funktion der Experimentalphysik, folglich des wissenschaftlichen Besitzes einer bestimmten Epoche. Die Physik hat also notwendig während einer gewissen Zeit einen besonderen Charakterzug, da der wissenschaftliche Besitz sich nicht in jedem Momente in sehr merklicher Weise verändert. Findet aber eine jener Entdeckungen statt, welche in allen Teilen der Physik nachklingen, weil sie eine bis dahin schlecht oder nur teilweise erfaßte Grundtatsache klarlegen, so wird der Aspekt der Physik ein anderer — es beginnt eine neue Periode.

a) So war es nach den Entdeckungen von Newton und denen von Joule-Mayer und Carnot-Clausius, und so scheint es seit der Entdeckung der Radioaktivität im Begriffe zu sein. Stets bietet also die Physik eine fest gegründete organische Einheit dar; diese einheitliche Organisation bewahrt während einer ziemlich langen Periode ihre Grundzüge. Die Divergenzen reichen demnach niemals weit; der Eifer des Streites betont sie mehr, als die wahre Bedeutung desselben es mit sich bringt. Der Historiker, der die Dinge in der gehörigen Entfernung betrachtet, hat es nicht schwer, dort, wo die Zeitgenossen Konflikte, Widersprüche, Spaltungen in verschiedenen Richtungen zeigten, eine stetige Entwicklung herauszuheben.

b) Nichts anderes scheint die Krise, welche die Physik in den letzten Jahren durchgemacht hat, zu sein, trotz der Folgerungen, welche die philosophische Kritik daraus gezogen hat. Sie stellt sogar den Typus dieser durch große Entdeckungen herbeigeführten Wachstumskrisen besonders deutlich dar. Die unbestreitbare Umbildung, die aus ihr entspringen wird — sonst gebe es noch keine Entwicklung, keinen Fortschritt — wird den Geist der Wissenschaft nicht merklich modifizieren.

Dies führt zu einer wichtigen Schlußfolgerung. Die Physik bewahrt nicht bloß in jeder ihrer großen Periode einen identischen Charakter, sondern es gibt auch niemals einen Sprung und eine Diskontinuität von einer Periode zur andern.

Für den Skeptizismus hätte es ein anderes, recht wirkungsvolles Argument ergeben, wenn er für jede der großen historischen Perioden der Physik, so gering sie an der Zahl sind, unreduzierbare Unterschiede gegenüber der vorhergehenden Periode hätte feststellen können. Denn dann hätte es nicht mehr eine dank den Bemühungen der Forscher sich entwickelnde und vervollständigende Physik gegeben, sondern verschiedene Physiken, welche einander, wie zur Zeit der griechischen Spekulationen, folgen und substituieren. Die Verschiedenheit hätte auch der wissenschaftlichen Einheit und sodann der Objektivität und Gewißheit des Wissens ein unüberwindliches Hindernis bereiten können. Brunetière hätte dann mit einigem Grunde sagen können, daß die Physik in jeder Generation zu erneuern sei. Ist es nun wirklich dies, was wir in der Geschichte der Physik feststellen?

3. Im Gegenteil, wir sehen, daß die Gegensätze und Konflikte der Forscher sich stets infolge irgendeiner neuen Entdeckung in einer neuen Theorie lösen. Eine Divergenz ist nur ein Fragezeichen, ein Problem; es zu beheben, ist eben das Wesen der wissenschaftlichen Entdeckung. In diesem Sinne konnte ein Astronom sagen, die wissenschaftliche Methode par excellence sei jene, welche die Wissenschaften fortschreiten läßt, die „Methode der Reste". Ein Phänomen bleibt in einer wissenschaftlichen Theorie unerklärt, es ist ein unlösbarer Rest. Sogleich bauen sich darauf entgegengesetzte Theorien auf, welche Konflikte zwischen den Forschern bedingen. Dann klärt sich eines Tages alles auf, die definitive Theorie ist gefunden, sie schart

alle Forscher um sich. Und nun sieht man, daß der Widerspruch der Theorien nur ein scheinbarer und oberflächlicher war. Er entsprang nicht unserem Wissen, sondern unserer Unwissenheit. Die Resultate, mit denen die Rückstandserscheinung nicht übereinstimmen zu können schien, bleiben exakt, da sie Erfahrungsprodukte waren; die durch die Erfahrung gegebene restierende Erscheinung kann ebenfalls nicht anders sein, als sie ist. Aber eine neue Erfahrung ermöglicht die Auffindung eines Mittels zur Vereinbarung aller dieser Ergebnisse; sie erscheinen uns nun nicht mehr als widerspruchsvoll, sondern als Korollare. Die physikalischen Theorien sind nicht gestürzt worden, sie sind nur von Flüchtigkeitsfehlern gesäubert, vervollständigt, kurz, sie sind fortgeschritten. Die Resterscheinungen der kopernikanischen Hypothese, welche noch die Kreisbewegung der Planeten voraussetzt, führten genetisch zur Ellipsen-Hypothese Keplers. Evolution, nicht Revolution — dies finden wir, wenn wir die scheinbar schroffsten Divergenzen der Wissenschaft prüfen. Duhem, dem man vielleicht von allen Physikern die meiste Neigung zur Annahme von Sprüngen in der wissenschaftlichen Tradition zutrauen könnte, ist ohne weiteres der obigen Meinung.

4. Der Grund, aus dem die Divergenzen mit der Einheit vereinbart sind und warum trotz des scheinbar Paradoxen der Formulierung die ersteren der letzteren dienen, ist der, daß die Physik in ihren Anfängen sich befindet. Trotz der Anzahl und Größe der seit drei Jahrhunderten einander folgenden Entdeckungen ist diese Behauptung nicht übertrieben, wenn man das Feld unserer Erkenntnis mit dem unserer Unwissenheit auf physikalisch-chemischem Gebiete vergleicht. Dieses ist mit dem der Mathematik in keiner Weise zu vergleichen, oder vielmehr, es läßt sich mit dem Zustande der Mathematik vergleichen, als die ersten griechischen Geometer die oft widerspruchsvollen empirischen Daten zu rationalisieren suchten, welche der Orient und das griechische Volk bezüglich der Messung und der Verhältnisse gewisser Größen schon besaßen. Rationalisieren — d. h. sie erklären, indem sie mit ihrer Bedingung verknüpft werden, indem man ihre Begründung sucht, eine notwendige Verknüpfung zwischen gewissen allgemeinen Prinzipien und gewissen speziellen Konsequenzen aufzeigt. So führten sie die verschiedenen und

sehr ungenauen Operationen, deren man sich zur Messung der Flächeninhalte und Volumina, zur Berechnung der Brüche, zur Division oder zum Wurzelziehen bediente, auf die Einheit und Exaktheit zurück.

Die Geschichte der Mathematik, dieses Typus der wahrhaft einheitlichen Wissenschaft — wenigstens in allen ihren ausgebauten Teilen — zeigt uns doch oft die sehr verschiedenen Wege, kurz die mannigfachen Theorien, vermittelst deren man zu identischen Resultaten gelangt.

Nur hat die Mathematik das Privileg, einen besonders einfachen Gegenstand zu haben. Daher eignet sie sich durch ihre Fortschritte, durch die, mit anderen Wissenschaften verglichen, beträchtliche Zeit, seitdem sie ihre Methoden im Ganzen vollendet hat, kaum mehr zu merklichen Divergenzen theoretischer Art.

Ganz anders stellen sich uns die physikalisch-chemischen Wissenschaften dar. Hier ist der Gegenstand, verglichen mit dem Objekt der Mathematik, äußerst kompliziert. Und je weiter sie fortschreiten, desto mehr nimmt die Kompliziertheit zu, denn in jedem Momente tauchen bislang ungeahnte Erscheinungen und große Erscheinungsgruppen auf. Dieser Gegenstand wird erst seit drei Jahrhunderten in methodischer Weise und mittelst Methoden, welche ihm angepaßt sind und sich bewährt haben, erforscht. Überall grenzt das einigermaßen Bekannte an das Unbekannte oder sehr unvollkommen Bekannte, so daß der definitive Charakter dieser mageren Erkenntnisse schwankend wird. Durch dies alles hat die Physik den Aspekt erlangt, den sie bis heute bewahrt hat. Trotz der Einheit ihrer Zukunft konnte sie uns nichts anderes als diese Divergenzen darbieten, da die Theorien einander Platz machten, indem sie einander berichtigten und vervollständigten. Die gegenwärtige Gestalt der Physik ist also nicht jene, die sie für immer zeigen wird. Vielmehr berechtigt alles zu dem Glauben, daß sie nur relativ vorübergehenden Zufälligkeiten entspringt, mag dieses Transitorische auch Jahrhunderte dauern und dessen nahes Ende nicht abzusehen sein. Die Divergenzen und Gegensätze zwischen den physikalischen Theorien werden also parallel mit den Fortschritten der Physik hinwegfallen, indem sie immer schwächer werden, wie dies auch bisher

geschehen ist. Sie betreffen nicht das Wesen der Physik, sondern gehören nur zum Anfangsstadium ihrer Entwicklung.

5. Man sieht denn auch, wenn man die Reflexionen irgendeines Physikers über die Physik liest, ihn niemals den geringsten Zweifel betreffs der inneren Einheit seiner Wissenschaft und des schließlichen Einklangs der Theorien wenigstens in deren Grundzügen äußern. Bei allen findet sich der Nebengedanke, daß die Divergenzen nur zeitweilig sind. Es sind Divergenzen hinsichtlich nebensächlicher Mittel, welche der Forscher zur Erreichung der von ihm angestrebten Ziele gebraucht. Aber diese akzessorischen Mittel, welche durch die Unzulänglichkeit unserer Erkenntnisse bedingt sind, sind nicht integierende Bestandteile der wissenschaftlichen Konstruktion. Vielmehr gleichen sie jenen Stützen und Gerüsten, welche nach Vollendung des großen Baues vollständig verschwinden.

Trotzdem Duhem die Willkür des Forschers bei der Ausarbeitung der physikalischen Theorie betont und trotz der Schärfe seiner Polemik gegen den Mechanismus, behauptet er doch eindeutig, schließlich werde die Wahl notwendig auf eine einzige Theorie fallen.

Einer der Physiker, welcher als Historiker der Physik am besten die Einheit der zukünftigen Physik durch deren zeitweilige Divergenzen hindurch gezeigt hat, ist Poincaré. Wie Duhem hat er wiederholt die Tatsache betont, daß von den allgemeinsten Anschauungen und von den zunächst gewagtesten physikalischen Theorien niemals etwas verloren gegangen ist. Mit der Zeit stellt sich ihre Unzulänglichkeit heraus, aber als partieller Ausdruck unserer physikalischen Erkenntnisse bleiben sie. Prinzipien können wohl in neuen Partien unnütz, bedeutungslos und unanwendbar werden, aber dennoch bleiben sie zur Systematisierung der alten Partien geeignet, und schon die Art und Weise, wie der Physiker sie aufgestellt hat, sichert, daß sie niemals als falsch zu erweisen sein werden. In seinen Vorträgen in St. Louis hat Poincaré die Tafel der von der gegenwärtigen Physik angenommenen Prinzipien entworfen: das Mayersche Prinzip oder Prinzip der Erhaltung der Energie, der Carnotsche Satz oder das Prinzip der Entwertung der Energie, das Newtonsche Prinzip oder Prinzip der Gleichheit von Wirkung und Gegen-

wirkung, das Prinzip Lavoisiers oder Prinzip der Erhaltung der Masse, das Prinzip der kleinsten Wirkung. Diese Prinzipien bewahren das Wesentliche der seit der Renaissance von den Physikern ausgearbeiteten Prinzipien, sei es, daß sie mit ihm ausdrücklich identisch sind, sei es, daß sie es einschließen. Es war dies die beste Art, die Einheit der gegenwärtigen Physik und die Einheit ihrer Zukunft darzutun. Und man versteht es, daß der Forscher eine frühere Abhandlung mit den Worten schließen konnte: „Alles in allem hat man sich der Einheit genähert".

6. Der schlagendste Beweis für diese Einheitstendenz der physikalisch-chemischen Wissenschaften wird ebensowohl durch die Prüfung der in den allgemeinen Theorien der Physiker angenommenen Prinzipien als durch die Behauptung der letzteren geliefert. Wir brauchen, um dies zu begründen, nur die Darlegung der theoretischen Physik, wie sie Duhem gibt, mit der eines Mechanisten zu vergleichen. Besteht nicht der einzige Unterschied darin, daß der Mechanist durch sukzessive Generalisation gemäß der Euklidischen Methode vom ausgezeichneten Einzelfall zum allgemeinen fortschreitet, während Duhem zuerst den allgemeinen Fall als Zusammenfassung der Gesamterfahrung aufstellt und durch Wegnahme oder Hinzufügung der notwendigen Einschränkungen die Einzelfälle findet? Der erstere kommt zur allgemeinen Formulierung durch sukzessive Erweiterungen, indem er ungefähr dem Gang der Entdeckungen folgt; der zweite geht von der allgemeinsten und natürlich der jüngsten Formulierung aus, er betrachtet sie als erworben und steigt zu den ehemals allgemein bekannten Einzelheiten hinunter. Abgesehen von der Art der Darstellung aber ist der Gesamtinhalt schließlich identisch.

7. In der energetischen Theorie sucht man alle unsere empirischen Erkenntnisse mittelst der Grundprinzipien der Thermodynamik, der auf die Energieumwandlungen bezüglichen Gesetze zu verknüpfen, vermittelst des Gesetzes der Erhaltung der Energie und des Carnotschen Satzes. Im Gegensatz dazu sucht die mechanistische Theorie alle Gesetze der Physik mittelst der Prinzipien der Mechanik zu verknüpfen: Erhaltung der Masse, Prinzip der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung, Prinzip der Superponierung der Bewegungen. Nun finden wir in der ener-

getischen Theorie sofort die mechanischen Prinzipien wieder; wir sehen, daß die Gesetze der Mechanik sich aus denen der Energie herleiten, wenn vor allem, was in den materiellen Systemen nicht Bewegung ist, abstrahiert wird, wenn man diese Systeme vereinfacht, indem man alle Einschränkungen beseitigt, welche die Äußerungen der nicht mechanischen Energie mit sich bringen. Und in der mechanistischen Theorie sehen wir, daß man von den einfachsten und allgemeinsten Elementen ausgehen muß, welche die materiellen Systeme der physikalischen Beobachtung darbieten: die Bewegung und ihre Gesetze, und daß man allmählich diese ganz einfachen und allgemeinen Gesetze komplizieren wird, damit die Ergebnisse der Theorie mit der Erfahrung übereinstimmen. So wird man alle auf die verschiedenen Formen und Äußerungen der Energie bezüglichen Gesetze wiederfinden, indem man von den Prinzipien der Mechanik ausgeht oder, in den jüngsten mechanistischen Theorien, von den allgemeinsten Gesetzen des Elektromagnetismus. Kurz, man kann sagen, daß die unstreitig bestehenden Differenzen zwischen den beiden großen physikalischen Theorien, welche zur Ordnung des Erfahrungsinhalts dienen, nicht beträchtlich sind. Die Klassifikation bleibt dieselbe. Die Abweichung besteht in der Art der Darstellung dieser Klassifikation und darin, daß verschiedene Neigungen und vielleicht auch verschiedene, aber ebenso notwendige Bedürfnisse der Wissenschaft in die Organisationsweise etwas Willkürliches bringen.

Aus welchem Grunde sollen uns übrigens die Divergenzen, zu denen die physikalischen Theorien führen, verwundern? Selbst in den am exaktesten erscheinenden, gesichertsten Wissenschaften, in der Mathematik, sehen wir doch ähnliche Divergenzen auftreten, je nach dem Anteil, den man der Anschauung, d. h. der konkreten Anschauung neben der rein abstrakten Verknüpfung der Begriffe zuerkennt oder abspricht. Die Divergenzen zwischen der Energetik und dem Mechanismus sind im Grunde keine anderen, nur scheinen sie schärfer, da der Gegenstand der Wissenschaft hier viel komplexer ist.

Es ist nun vielleicht nicht unmöglich, zu sehen, welches das Motiv eines Streites ist, der sich ziemlich ähnlich in der ganzen Breite der wissenschaftlichen Arbeit findet. Vielleicht ist dieser Grund ein psychologischer und würde somit den Wert der

Wissenschaft in keiner Weise berühren, ebenso wenig wie die Verschiedenheit der Charaktere den Wert einer sozialen Norm berührt. Je nach der Erziehung oder Haltung des Geistes stellt sich, wie alle Psychologen bemerkt haben, die Einbildungskraft in abstrakter oder in konkreter Form dar. Den einen fällt es schwer, bildlich vorzustellen, während sie sich mit Leichtigkeit in allgemeinen Begriffen bewegen. Sie haben alle die Tendenz, möglichst viel zu abstrahieren, alles auf abstrakte Begriffe und logische Verbindungen zurückzuführen. Sie eliminieren alle anschaulichen Reste oder glauben sie zu eliminieren. Die anderen hingegen können so abstrakte Formeln nicht klar erfassen, sie bedürfen stets der konkreten Anschauung bildlicher Elemente, welche ihnen die Gegenstände so darstellen, wie sie sie wahrnehmen. Sie können weder ohne Bild denken, noch Begriffe verknüpfen, ohne Bilder mit ihnen zu assoziieren. Notwendigerweise haben sie weniger logische Strenge als jene und halten weniger auf vollkommene Strenge; dafür aber besitzen sie einen viel lebhafteren Wirklichkeitssinn, sie gewahren besser die Nuancen. Sie begnügen sich weniger leicht mit allgemeinen Vorstellungen und wollen immer mehr in das Wesen der Dinge selbst eindringen.

Diese, zuerst von Duhem bestimmt formulierte Bemerkung führt meines Erachtens zu einer weiteren: „Beide Arten der Einbildungskraft sind gleich nützlich und notwendig für die Physik, vielleicht auch für die gesamte Wissenschaft, denn jede eignet sich mehr als die andere für eine besondere Seite der wissenschaftlichen Arbeit. Die abstrakten Geister eignen sich mehr zur Ordnung des schon Gewonnenen, der begründeten Erkenntnisse; sie geben der Wissenschaft die logische Strenge und rationale Exaktheit. Die zweiten taugen besser zur Entdeckung; wie die Geschichte der Wissenschaften es leicht bestätigen könnte, sind ihnen die meisten unserer Erkenntnisse zu verdanken. Wir sehen gleich, daß die energetischen Theorien das Produkt der ersten Geistesart sind und zur Klassifikation und Verwertung des erworbenen Wissens dienen. Die mechanistischen Theorien sind das Werk der konkreten Denker und dienen namentlich der Forschung und Entdeckung. Die theoretischen Divergenzen scheinen also auf zwei besondere Formen der Einbildungskraft

zurückzuführen zu sein. Jeder Forscher wählt die Methode, die seiner Geistesart am besten entspricht. Die Divergenzen haben demnach nur eine sekundäre Bedeutung, denn sie verbleiben innerhalb der besonderen Operationen, vermittelst welcher jeder Forscher die Wissenschaft am besten zu verarbeiten glaubt. Die Wissenschaft selbst bewahrt mitten in diesen individuellen Divergenzen, die ihr nur nützlich sein können, ihren ganzen Wert, ihre Notwendigkeit und Allgemeinheit.

Noch mehr. Manche Physiker, wie z. B. van t'Hoff,[1]) tragen kein Bedenken, Energetik und Mechanismus als zwei gleich notwendige und wertvolle Formen der theoretischen Physik zu betrachten. Sie können nicht bloß nebeneinander bestehen, ohne die Einheit der Physik aufzuheben, sondern sie müssen es sogar, um sie zu vervollständigen. Hiernach würde die energetische Theorie in jedem Moment den sicheren Inhalt der Physik in strengster, nüchternster Form darstellen. Sie würde so zu allen Verwertungen und Anwendungen, die man von den theoretischen Ergebnissen machen kann, dienen und sich als das fehlerlose Formular unserer physikalischen Erkenntnisse und der technischen Künste darstellen. Die mechanistische Hypothese hingegen wäre der unentbehrliche Führer für den Forscher, den Laboratoriumsarbeiter. Sie würde beständig zur Erklärung, zum weiteren Eindringen, zur Entdeckung antreiben; in ihr hätte man das kostbare Werkzeug der Erfindung zu erblicken. So würden sich zum größten Nutzen der Physik die Energetik, die elegante Beschreibung des Erkannten, und der Mechanismus, das durchdringende Streben nach Erklärung des Unbekannten, gegenseitig fördern.

9. Die Physik der Gegenwart wird also von einem allgemeinen, gleichförmigen Geiste beseelt. Nichts weist sie auf, was unsere Zuversicht zu ihrem Wissenswert, zu ihrer Allgemeinheit für jeden gleich organisierten Geist rauben könnte. Und wenn die Vernunft — das natürliche Licht, wie man im 17. Jahrhundert, der gesunde Menschenverstand, wie man im 18. Jahrhundert sagte — der Name ist, den man dieser Gemeinschaft des Denkens

---

[1]) Vorwort zum 1. Band (Chemische Dynamik) der „Vorlesungen über physikalische Chemie, gehalten an der Universität Berlin".

gibt, dann ist die Wissenschaft in Wahrheit das Werk der Vernunft; sie ist bis in ihre kleinsten Teile rational, weil sie stets und nur auf Notwendigkeit abzielt. An sich sieht sie von allem praktischen Nutzen ab, den sie den mannigfachen, auf sie gegründeten Techniken überläßt. Endlich resorbiert sie stets die individuellen Eigenarten, die für sie nur ein provisorisches Hilfsmittel bedeuteten, in einem höheren Werke. Der Ausspruch von Claude Bernard bleibt wahr: „Ist die Kunst das Ich, so ist die Wissenschaft das Wir".

10. Die Wissenschaft sind wir — diese Formel drückt den Wirklichkeitssinn der Wissenschaft, den Sinn für eine aus Notwendigkeit und Allgemeinheit gewebte Objektivität treffend aus. Die Wissenschaft ist das, was wir alle erkennen, was nicht von meinem Geschmacke, meiner Geistesrichtung, meinem Willen, meiner Willkür, sondern von den allen Intelligenzen gemeinsamen Bedingungen abhängt: von menschlich notwendigen, menschlich allgemeinen Erkenntnisbedingungen. Dieser Anthropomorphismus ist unvermeidlich, aber es genügt, zu betonen, daß er, so aufgefaßt, der Gegensatz zum Anthropomorphismus im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist. Die Wissenschaft ist unser Maß der Dinge, aber nicht das Maß, das jeder einzelne Mensch, jede Geistesrichtung, jede Gesellschaft an die Dinge heranbringt, wie dies gewöhnlich gemeint ist. Der Ausdruck „ἄνθρωπος" bezeichnet hier nicht die Art oder das Individuum, sondern die Gattung, wenn die Wissenschaft als Anthropomorphismus qualifiziert werden soll. Dies ist dann synonym mit dem Allgemeinen und Notwendigen für alles, was der menschlichen Gattung angehört, Was können denn, will man nicht einem unbegründeten Mystizismus verfallen, die Ausdrücke „notwendig" und „allgemein" für den Menschen anderes bedeuten als das, was sich allen Wesen, deren wesentliche Merkmale als Menschen erkennen läßt, aufdrängt?

Auf diese Weise ersehen wir aber auch den Anteil der Subjektivität, der sich der Objektivität der Wissenschaft beimischt. Sie ist eine Schöpfung des Menschen, ein Gattungsinstinkt, ein gemeinsames Produkt aller menschlichen Gesellschaften, sobald diese nur genügende Intelligenz besitzen; sie ist ein Werk der Menschheit. Bacon sagt, die Kunst sei „der zur Natur hinzu-

gefügte Mensch". In dieser Formulierung ist der Satz nicht richtig, denn nicht der Mensch, sondern das Individuum, ein zur Natur hinzugefügter Mensch ist die Kunst. Die Kunst ist die durch ein Temperament, durch ein originelles Genie gesehene Natur. Die Formel Bacons könnte aber für die Wissenschaft passen, wenn wir das Subjekt des Satzes in seiner ganzen Allgemeinheit nehmen. Die Wissenschaft ist der zur Natur hinzugefügte Mensch, die Gesamtnatur, gesehen durch die menschliche Natur, das, zu dem alle Menschen in gleicher Weise kommen müssen, wenn sie sich bemühen, ihren Erkenntnissen die möglichste Gewißheit und Exaktheit zu verleihen.

Daraus folgt, daß die seelische Struktur des Menschen, die Betätigung seiner Erkenntnisfunktionen in der Wissenschaft eine unzerstörbare Spur hinterlassen muß. Die Wissenschaft trägt den Stempel der menschlichen Arbeit. Der Anteil des Arbeiters wird, mag er ihn noch so sehr auslöschen und lieber die Objekte abspiegeln als sie umformen, niemals zu beseitigen sein. Nur ist es nicht die Zutat des Einzelarbeiters, um die es sich hier handelt, ausgenommen in Ausnahmefällen und betreffs Nuancen, welche die Zeit und die Fortschritte der Wissenschaft beheben werden. In allen Werken der Wissenschaft wird die Kritik die Marke der menschlichen, nicht der individuellen Arbeit finden.

11. So kommen wir zu dem Ergebnis: Nichts berechtigt uns, die Physik der Gegenwart als ein Beispiel willkürlicher Spekulationen oder als bloße Zusammenstellung technischer Regeln hinzustellen. Nichts berechtigt uns, ihr den theoretischen Wert, den Wissenswert abzusprechen. Die Krise, die sie durchgemacht und die schon durch einen offiziellen Schiffbruch behoben sein soll, hat vielleicht nur in der Phantasie der Literatoren und Kritiker existiert. Es scheint unmöglich, in den Anschauungen der Physiker über ihre Wissenschaft und deren Resultate eine ernsthafte Grundlage für diese These zu finden; an wen sonst aber soll man sich behufs Beantwortung dieser Frage wenden? Die Physik als willkürliche Entscheidung des Geistes, die Physik, die nicht mehr experimental und objektiv, die nicht mehr eine Naturwissenschaft, die nicht mehr die physikalische Wissenschaft ist — das ist ein geistreiches Thema, das an die Hegelsche Dialektik und an die Kunst, Widersprüche miteinander zu ver-

einbaren, erinnert. Stellt man aber diese Auffassung den Tatsachen, d. h. den historischen Daten, den bei den Physikern gefundenen Dokumenten gegenüber, so scheint sie ganz einfach auf einem Wortmißbrauche zu beruhen; sie verfälscht den Sinn gewisser schon sehr bildlicher Ausdrücke, den gewisse Forscher gebrauchten, um ausdrucksvoller zu sein und den schroffen metaphysischen Dogmatismus des älteren Mechanismus zu bekämpfen; sie hat vollständig den Sinn einer glücklichen Wandlung des Geistes der modernen Physik verloren, einer normalen Umbildung, die ganz und gar in der Richtung ihrer und der wissenschaftlichen Entwicklung überhaupt, wenigstens seit der Renaissance, lag. Diese Auffassung entspricht dem Geiste der modernen Physik in keiner Weise; sie berücksichtigt diesen Geist nicht, nicht die Bedürfnisse und den wahren Stand der zeitgenössischen Physik. Wenn sie auch beim großen Publikum und bei den Philosophen Eindruck gemacht hat, so sind ihr doch die Physiker im allgemeinen geringschätzig oder indifferent begegnet.

Diese Folgerungen ließen sich durch die Prüfung der philosophischen Anschauungen der modernen Physiker rechtfertigen, aber diese Prüfung geht über den Rahmen dieser Arbeit hinaus. Sie wäre gewissermaßen die Gegenprobe, die Umkehrung der Erfahrung.

Eine noch so kurze Prüfung dieser Anschauungen ergibt nun unmittelbar deren große Mannigfaltigkeit. Die entgegengesetztesten Richtungen des philosophischen Denkens der Gegenwart finden hier ihren Wiederhall. In bezug auf die Theorie des Gegenstandes der Physik finden wir Physiker, für welche das Wesen der Dinge in der Qualität besteht (Ostwald, Duhem, vielleicht auch Lippmann), und solche, für die dieses Wesen in der Quantität gegeben ist (die meisten Vertreter des Kinetismus). Mit diesen Richtungen sich kreuzend haben die Physiker alle ihre eigene Erkenntnistheorie. Die einen glauben, die wissenschaftliche Erkenntnis erschöpfe die ganze Natur des Gegenstandes, die Wissenschaft werde schließlich die Metaphysik absorbieren und es werde kein Unerkennbares mehr existieren (Ostwald, die meisten Kinetiker). Die anderen meinen, die wissenschaftliche Erkenntnis sei nur ein Teil der Erkenntnis, sie sei begrenzt, werde sich niemals selbst genügen: Ignorabimus

(Duhem, unter den Metaphysikern der Qualität; du Bois-Reymond, unter den Mechanisten). Nach Ostwald konnte man das „Ignorabimus“ nur als Mechanist und Atomist behaupten. Duhem, der wie Ostwald eine Metaphysik, eine Kosmologie der Qualität vertritt, behauptet gleichwohl dieses Ignorabimus vom rein physikalischen Standpunkte.

Ungeachtet so verschiedener philosophischer Anschauungen — es war hier nur von extremen Lehren mit Übergehung der Nuancen die Rede — besteht doch unter den Physikern der vollste Einklang betreffs der Physik, ihres allgemeinen Geistes, des Wertes ihrer Resultate und der Grundlage dieses Wertes.

Während für die Philosophie (wenigstens in gewissem Maße) ebenso wie für die Kunst jeder sagen kann: „Die Philosophie bin ich,“ müssen wir schließlich alle sagen: „Die Wissenschaft sind wir.“

Sechstes Buch.

Hinweise auf die Erkenntnistheorie, welche die moderne Physik einzuschließen scheint.

1. Kapitel.

Die enge Verknüpfung von Wahrheit und Notwendigkeit.

1. Gegenüber dem Bereiche, innerhalb dessen ich tun kann, was ich will, wo meine Willkür Beliebiges ersinnt und Beliebigem zustimmt, indem sie empfindet, daß sie es auch nach Belieben verweigern könnte, befindet sich ein Gebiet, wo die Vorstellungen und deren Ordnung nicht von meinem Willen, meinem Glauben abhängen, welches auch die unbekannte Ursache dieser Notwendigkeit sein mag: die seelische Struktur der Gattung oder das System der äußeren Wirklichkeiten. Diese notwendigen Daten, welche auf physikalischem Gebiete die Resultate der Erfahrung sind, bestimmen die wissenschaftliche Wahrheit im Gegensatz zu jeder Art des Glaubens, weil sie die wissenschaftliche Wahrheit im Gegensatz zu dem bestimmen, was von der Willkür, vom Willen abhängt.

Die Gewißheit der Physik ist also durch Elemente determiniert, welche ganz anderer Art sind als jene, durch welche der Glaube bestimmt wird. Diese Elemente sind Erfahrungsprodukte. Die Erfahrung ist durch ihre Notwendigkeit charakterisiert. Diese Notwendigkeit läßt sich als völlige Unabhängigkeit vom bewußten Willen und Willkürlichen des Geistes definieren. Der normale Geist kann den durch sie bedingten Feststellungen sich nicht entziehen. Es ist etwas da, was der Freiheit der Vorstellungen und

den Konstruktionen der Phantasie widerstreitet. Wir stehen nicht mehr auf dem Boden des freien Vorstellens, der schöpferischen Phantasie, sondern auf dem Gebiete des notwendigen Vorstellens, welches nach drei Jahrhunderten der Kritik als unzerstörbarer Rest der alten Anschauung von den ewigen Wahrheiten erscheint. So finden wir das Objektive im phänomenalistischen oder positivistischen Sinne, und so kann in der Wissenschaft die Wahrheit stets die alte Definition der Wahrheit in der Logik: Übereinstimmung des Denkens mit seinem Gegenstande, für sich in Anspruch nehmen.

Wie wir auch das Problem der Objektivität nehmen, wie es auch von den Philosophen historisch behandelt worden ist, stets scheint es auf das Problem der Existenz des Notwendigen, d. h. von Begriffen, die aller wirksamen und bewußten Macht des Geistes entzogen sind, zurückzuführen. Wo der Forscher wie der Philosoph ein Notwendiges zu finden glaubt, da behauptet er, ein Objektives gefunden zu haben.

2. Die skeptische Kritik der Physik hat diese Verknüpfung des Notwendigen mit dem Objektiven wohl bemerkt, denn sie hat insbesondere die Existenz notwendiger Elemente in den Sätzen der Physik bestritten. Mit allen Mitteln hat sie zu zeigen gesucht, daß in der Physik das logische Räsonnement, das Rationale keinen Wert habe. Sie hat behauptet, daß alle Prinzipien dieser Wissenschaft anfangs der menschlichen Vernunft widerstritten. Sodann schritt sie zur Auflösung der Erfahrung, zur Beseitigung ihrer Festigkeit durch Behauptung ihrer Kontingenz; schließlich nahm sie ihr alle Unabhängigkeit von den Konstruktionen und schöpferischen Geistesakten. Gemäß dieser zersetzenden Analyse wurde die Wissenschaft zu einer Art ästhetischen Spieles, eine Kunst, welche beständig die Wirklichkeit flieht. Hört man vom Idealismus und Symbolismus der Wissenschaft, dem Erzeugnis der freien Wahl des Geistes sprechen, so denkt man unwillkürlich an die ultra-symbolistischen und ultra-idealistischen Theorien, welche die Kunst aller Berührung mit der Wirklichkeit entäußern.

Die Philosophie der Gegenwart steht vor einem Problem, welches in der Erkenntnistheorie schon in anderen Formen aufgetaucht ist. Die Kritik zu Ende des 19. Jahrhunderts hat die Notwendigkeit und Festigkeit der Kantschen Kategorien ange-

griffen, ebenso wie die Kritik der Nominalisten die Realität der Universalien und die Kritik Humes die Notwendigkeit und Realität der kartesianischen Anschauungen bestritten hat. Bei Kant ist die Notwendigkeit der Kategorien mit der Objektivität der Naturgesetze verknüpft. Diese steht für ihn außer Zweifel. Die einzige Frage, die sich die Vernunft bezüglich dessen zu stellen hatte, war: Welches sind die Bedingungen dieser Objektivität? Die Antwort Kants ist bekannt: Diese Bedingungen finden sich nicht in einer unmittelbaren Anschauung der Substanz, sie entstammen dem Denken, den notwendigen Kategorien des Denkens. Die Objektivität der Physik wurde nun relativ und phänomenal; aber als solche hatte sie einen definitiven Charakter. Die Naturgesetze waren objektiv, weil sie notwendig waren.

Die Notwendigkeit der Naturgesetze ist nun dasjenige, was die Philosophie am Ende des 19. Jahrhunderts infolge verschiedener Strömungen bestritten hat. Im Lichte einer Kritik, welche sich oft auf die Autorität der hervorragendsten Forscher stützte, erschien die Physik dem Philosophen als etwas Künstliches. Dadurch ward auch die Kantsche Theorie untergraben. Da die Kategorien die rationale Erklärung einer Tatsache, eine Art „deductio a consequente" waren, so wurde mit der Zweifelhaftigkeit der Tatsache auch die Erklärung hinfällig; die ganze Theorie konnte nur unnütz und falsch sein in dem Maße, als man die Notwendigkeit der physikalischen Gesetze bestritt und als man ihre Objektivität, sowie die Existenz der ihrer Begründung dienenden Kategorien zerstörte.

3. Wir sahen, welche Antwort die Physiker jeder Richtung gaben. Was aus der Einstimmigkeit dieser Antworten — denn sie haben alle gegenüber den skeptischen Angriffen etwas Gemeinsames — herauszulösen ist, das ist ihre allgemeine Bedeutung in der historischen Entwicklung des philosophischen Denkens. Sie ist so zu definieren: Die Physiker nehmen die Theorie der Kategorien in einem neuen Sinne wieder auf, sie erneuern sie, indem sie ihr einen konkreteren und mehr empirischen Sinn geben und sie nicht auf die Dialektik, sondern auf die Analyse der wissenschaftlichen Methoden und der Geistesentwicklung gründen.

Ist dies richtig, dann würde die Geschichte der zeitge-

nössischen Physik selbst die eingangs dieser Arbeit dargelegten Anschauungen bestätigen, welche mir als Leitgedanken dienten, daß nämlich der philosophische Geist eine Atmosphäre bildet, aus der die Wissenschaft nicht heraus kann noch will, zweifellos deshalb, weil sie es nicht vermag und weil der philosophische Geist in der Wissenschaft einbeschlossen ist. Indem gezeigt wird, daß die zeitgenössische Physik mit einer sie durchdringenden Philosophie innig verknüpft ist und sich notwendig von ihr ablösen wird, wie die Physik der Renaissance mit dem Kartesianismus, wie die Newtonsche Physik mit dem Kantianismus, so zeigt man zugleich, daß der philosophische und der wissenschaftliche Geist untrennbar sind und daß die Entwicklung der Philosophie der Entwicklung der Wissenschaft parallel läuft.

4. Die Kategorie war stets eine Vernunftbestimmung, sie ist etwas Rationales. Die Physik der Gegenwart sieht nur das Ergebnis der Erfahrung als notwendig an. Während die Kategorie in Gegensatz zum Empirismus trat und die Waffe des Rationalismus gegen diesen bildete, wird in der modernen Physik die Notwendigkeit selbst zu etwas Empirischem. Die Erfahrung gestattet gegenüber den Kritiken, welche die physikalische Wahrheit auf das Gebiet des Glaubens zu verpflanzen suchen, kategorische Urteile und auf dem Boden des Phänomenalismus eine Art erneuerten Dogmatismus. Die Forscher fordern von der Vernunft, von Prinzipien, welche die sinnliche Erfahrung überschreiten, keine Garantie mehr. Gibt es noch wenige solche Forscher, welche sich an das Rationale als solches halten und eine besondere Leistungsfähigkeit der Vernunft annehmen, so tun sie dies als Metaphysiker, nicht als Physiker, welche nichts weiter als die Lehren der wissenschaftlichen Praxis herauszulösen suchen. Die Mehrzahl der Physiker aber erklärt, was nicht aus der Erfahrung, sondern aus der Vernunft stamme, sei willkürlich.[1])

Wo das Rationale eingreift, ist es weit entfernt, das Notwendige einzuführen. Es führt das Zufällige ein. Gleichwohl führt schließlich das Resultat der Wechselwirkung des Geistes und der Dinge zum Definitiven, aber das Definitive rührt von

[1]) Z. B. die Mathematik nach Poincaré, die physikalische Theorie (nur die Theorie) nach Duhem.

den Dingen, nicht vom Geiste her; es ist das, worin die Dinge auf den Geist abgefärbt und ihn sozusagen beschränkt und gezwungen haben. Dies tritt in den Schriften Machs deutlich hervor. Mach ist ausgesprochener Empirist, nicht bloß dadurch, daß er in der Erfahrung das einzige und oberste Kriterium jedes physikalischen Satzes erblickt, sondern auch deshalb, weil nach ihm die allgemeinen Prinzipien jeder Wissenschaft das Ergebnis einer langsamen und unbewußten Erziehung des Denkens durch die Erfahrung sind; auch die Vererbung spielt hierbei eine Rolle. Was es in der physikalischen Theorie an Notwendigkeit gibt, entstammt somit gänzlich der Erfahrnng.

So haben die modernen Bekämpfer des objektiven Wertes der Physik teilweise richtig beobachtet, als sie dartaten, daß die Mehrzahl der physikalischen Gesetze, die heute als unantastbar gelten, niemals zuerst als durch die Vernunft gefordert erschienen sind. Historisch fand jede Etappe der Physik jene, welche sich als Vertreter des Rationalismus bekannten, als Widerspenstige oder Zaudernde. Stets waren die dogmatischen Anschauungen des traditionellen Rationalismus den Daten der Wissenschaft nicht mehr konform. So hatte denn die skeptische Kritik der Wissenschaft allemal Recht, wenn sie den traditionellen Dogmatismus, eine veraltete Form des Rationalismus bekämpfte.

Im Unrecht war aber der Skeptizismus in diesen periodischen Krisen des wissenschaftlichen Geistes, wenn er das, was nur eine Wachstumskrise, eine Entwicklungserscheinung war, für eine Katastrophe hielt. Er begnügte sich, zu zerstören, wo es der Erneuerung bedurfte.

Historisch tritt dann stets eine neue Philosophie, eine neue Systematisierung auf, welche auf dem durch die treffenden Kritiken zubereiteten Boden eine passendere Erkenntnistheorie und Auffassung der Wissenschaft begründet und einen neuen Dogmatismus aufstellt, indem sie sich von einer methodischen und genaueren Analyse der Wissenschaften, wie sie tatsächlich bestehen, und ihres Geistes leiten läßt.

---

2. Kapitel.

Der Begriff der Erfahrung und der Wahrheitsbegriff in der Physik der Gegenwart.

1. In der gegenwärtigen Periode der Physik ist noch nicht ein System zu ersehen, welches, wie der Kartesianismus und Kantianismus, alle Ansprüche der zeitgenössischen Physik vereinigt. Diese Systeme sind übrigens in aller ihrer Macht und synthetischen Kraft nur mit einem merklichen historischen Rückgang erschienen. Der Philosoph ist kein Prophet seiner Zeit. Vielleicht wird auch mit der wachsenden Kompliziertheit der Wissenschaft die Systematisierung immer gewagter. Was aber der Historiker schon jetzt entnehmen kann, das ist ein ganzer Komplex ziemlich übereinstimmender philosophischer Anschauungen, welche der neuen Stellung der Wissenschaft einigermaßen entsprechen. Sie bringen deren philosophischen Geist zum Ausdruck. Und die allgemeine Meinung hat sich nicht getäuscht. Sie hat den Inbegriff dieser Anschauung, die Synthese ihrer Tendenzen, den Geistestypus, den sie repräsentieren, mit dem einen Namen „Positivismus" bezeichnet, indem sie diesem Ausdruck einen unendlich weiteren Sinn gab als er ihn hat, wenn man ihn auf das System Comtes und auf seine strenge Geltung beschränkt.

Aus den Lehren Comtes, Taines und Mills, auch Spencers hervorgegangen, aber verjüngt, bewahrt dieser neue Positivismus[1]) von den älteren zwei große Ideen: den Relativismus und Empirismus; aber er präzisiert die Idee dieser empirischen

[1]) Ich glaube diesem Terminus seinen wahren historisch-kritischen Sinn zu geben, obzwar man ihn ohne Recht zur Bezeichnung einer ganz anderen Lehre verwandt hat, ebenso wie den Ausdruck „Nominalismus".

Kategorien, welche die Wissenschaft als ein Erfordernis in Anspruch nimmt, so, daß er fast eine neue Idee daraus macht.

Der Positivismus scheint sich so zu erneuern, daß eine sorgfältigere Erkenntnistheorie formuliert, daß auf den Kritiken des Rationalismus, wie er sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts traditionell darstellte, ein neuer Rationalismus begründet wird. So hatten auch der Kartesianismus oder der Kritizismus dem durch die Angriffe der Skeptiker zerstörten alten Rationalismus einen neuen Rationalismus substituiert.

2. Man kann sagen, auch die moderne skeptische Kritik der Wissenschaft ist historisch aus dem Comteschen Positivismus hervorgegangen, aber so, daß sie sich von ihm abkehrte. Es ist dies nicht verwunderlich, denn das neue System, welches die Ansprüche der Wissenschaft einer Epoche konzentrieren soll, macht die Kritiken, welche die ältere Anschauung zerstörten, zu den seinigen und stützt sich auf sie. Nur ist, wenn auch der Ausgangspunkt derselbe ist, der Endpunkt gerade entgegengesetzt. Die skeptische Kritik hat dem Positivismus nur Einzelargumente entnommen, sie aber in einem ganz anderen allgemeinen Geiste verwertet. Sie hat sie durch eine Scheinlogik ins Extrem oder ins Absurde getrieben, je nach den persönlichen Anschauungen, sie hat ihnen ihren wahren Sinn genommen. Hingegen hat die Lehre, welche den Geist der modernen Wissenschaft darstellt, dem Positivismus namentlich dem philososophischen Geist, die inneren Tendenzen entliehen, und es läßt sich ihre Bildung und sozusagen ihre Urgeschichte durch die englische Philosophie des 19. Jahrhunderts, durch die Lehren J. St. Mills und besonders Spencers hindurch, verfolgen. Wenn auch Spencer oft, besonders in der Physik, die Elemente einer bereits veralteten Wissenschaft synthetisch verknüpft, so synthetisiert doch der allgemeine Geist seines Systems[1]) eine Reihe der charakteristischen Tendenzen der modernen Wissenschaft, und vielleicht ist dieses System von jenem, dessen Grundlinien zu entwerfen sind, vielleicht nicht so entfernt, als man es glauben könnte. Es bestand

[1]) Vgl. namentlich die „Prinzipien der Biologie" und in den „Prinzipien der Psychologie" den Begriff der „Korrespondenz" und dessen Anwendung. Er ist mit dem Begriff der Anpassung in der modernen Psychologie zu vergleichen.

die Tendenz, den empirischen Realismus des englischen Denkers zu sehr zu ignorieren oder zu mißachten. Und doch scheint die Einführung der evolutionistischen Hypothese in die Erkenntnistheorie eines der Grundelemente und vielleicht das Grundprinzip zu sein, welches geeignet ist, den Positivismus umzubilden, um ihn diesbezüglich mit den Erfordernissen der zeitgenössischen Physik in Einklang zu bringen und einen neuen Rationalismus zu begründen. Wir würden ihn also Spencer verdanken

Was dem Comteschen Positivismus und auch der Lehre Mills fehlt, um den gegenwärtigen Ergebnissen der Kritik adäquat zu sein, der die Physik seitens der Forscher ausgesetzt wurde, das ist dies, daß er die Erkenntnistheorie nicht vertieft, daß er nicht nach einer Kategorienlehre in anderer Form gesucht hat. Die objektive Erfahrung ist nicht etwas Äußeres, vom Geiste Unabhängiges. Die objektive Erfahrung und das Denken sind wechselseitig Funktionen voneinander, sind ineinander enthalten, bestehen nicht ohne einander.[1]) Die Theorie, nach welcher die Relationen der Natur der Dinge entspringen, zwischen denen sie bestehen, und die Theorie, welche diese Relationen als geistige Erzeugnisse betrachtet, sind beide künstlich und dialektisch. Bislang nahm man ein Gegebenes an: Sinnesdaten, Vorstellungselemente. Der Geist hatte dann die Funktion, zwischen diesen letzten Elementen Beziehungen herzustellen. Wem war dann die Form dieser Beziehungen zuzuschreiben, dem Gegebenen oder dem Denken? Aber man kann die Beziehung selbst zum wirklichen Objekt der Erfahrung machen. So wird der Satz: Wir erkennen nur Beziehungen, richtig. Die Elemente aller Erkenntnis sind Relationen.

Die Erfahrung ist ein System, eine Relation von Relationen.[2]) Die Relation ist das Gegebene. Die Glieder der Relation haben nur eine abgeleitete, sekundäre Existenz im Verhältnis zur Re-

---

[1]) Durch ähnliche Anschauungen wird der Pragmatismus, wenn er den mystischen Agnostizismus, zu dem die Mode ihn führt, aufgibt, ebenso wie die skeptische Kritik der Wissenschaft, mit der er vielfach zusammenhängt, dem empirischen Rationalismus der Zukunft gute Dienste leisten.

[2]) So ließe sich die ganz entfernte Hoffnung aller Wissenschaft, ein einheitliches Prinzip zu finden, aus dem die anderen Gesetze sich ausnahmslos ableiten lassen, rechtfertigen.

lation selbst. Das Ursprüngliche, Nächste ist die Funktion. Die Glieder sind die Mittel für den Ausdruck der Funktion; durch sie oder durch andere Funktionen werden sie bestimmt, von ihnen haben sie ihre Notwendigkeit. Was die moderne Physik zu reklamieren scheint, was sie in der Erfahrung und in der Grundlage ihrer Objektivität zu finden behauptet, ist die notwendige Beziehung. Sie kommt also von selbst einer Philosophie entgegen, welche aus dem Objekt einen Inbegriff von Beziehungen macht. Wird das Objekt als ein Inbegriff effektiver Relationen aufgefaßt, so wird die Notwendigkeit und Objektivität der physikalischen Gesetze, der wissenschaftlichen Gesetze überhaupt ohne weiteres verständlich. Sie sind nur die Beschreibung des Objekts und damit auch zugleich dessen volle und direkte Erklärung. Wieder stehen wir einem der Vernunft durchsichtigen Universum gegenüber.[1])

---

[1]) Painlevé hat die Bemerkung gemacht, für den Komplex der Tatsachen, welche unser Sonnensystem konstituieren, sei die einzige Erklärung, welche dem Kausalitätsprinzip entspricht, jene, welche die absolute Bewegung der Elemente dieses Systems zu einem Dreieck annimmt, dessen Scheitel im Schwerzentrum des Systems liegt und welches nach den entferntesten Fixsternen orientiert ist. Es ist zu beachten, daß diese, ganz gar mechanistisch gehaltene Bemerkung das oben Gesagte völlig bestätigt; nämlich:

1. Die Erfahrung ist die Grundlage dieser Erklärung, denn es wäre nach Painlevé ein sonderbarer Zufall, wenn von unendlich vielen Erklärungsmöglichkeiten die vorgelegte die einzige wäre, welche sowohl mit dem Kausalitätsprinzip als auch mit den Erfahrungsdaten übereinstimmt. Es ist übrigens die Anschauung einer absoluten Bewegung nur das Produkt einer Unzahl unbewußter Erfahrungen.

2. Painlevé verbleibt also innerhalb des empirischen Relativismus, wie er hier verstanden wurde, nämlich als das Absolute der menschlichen Erkenntnis.

3. Die auf diesen empirischen Relativismus gegründeten Folgerungen fallen praktisch mit allen Folgerungen des Rationalismus zusammen, denn die Auffassung der Erfahrung ist eindeutig und bringt sie mit den Forderungen eines von evolutionistischen Ideen (Historismus, Psychologismus, Soziologismus) völlig erfüllten Denkens in Einklang.

4. Das Wort „absolut" darf nicht irreführen. Es handelt sich um nichts weiter, als um Relationen zwischen den Elementen eines Systems; kann denn die Bewegung, da sie nur hinsichtlich dieser Relationen und durch sie definiert werden kann, für die Analyse etwas anders sein? Nur ist die Relation nichts, was der Geist den Dingen hinzufügt; sie ist

4. Die Aufgabe der Philosophie ist übrigens noch lange nicht vollendet. Die Urtatsache, die Beziehungserfahrung, ist noch zu analysieren, es ist zu zeigen, wie sie auftritt. Und hier leistet der Evolutionismus wenigstens durch seine Fingerzeige nützliche Dienste. Alle unsere Erkenntnisse können, scheint es, psychologisch als das Ergebnis der Anpassung des Subjekts an die Umwelt betrachtet werden. Sind dann unsere Erkenntnisse insgesamt, von den niedersten, der passiven Wahrnehmung, angefangen, bis zum Vernunftwissen etwas anderes als Gewohnheiten oder Instinkte, aber, wie in der Evolutionstheorie alle Gewohnheiten oder Instinkte, die notwendigen und einzig möglichen Resultate der Bedingungen, unter denen sie erworben wurden? Die Relation, in unseren Augen die wahre Tatsache, das (vom menschlichen Standpunkte) Gegebene, ist also nur eine notwendige Gewohnheit. Der Inbegriff dieser Gewohnheiten ist, in der einzigen uns verständlichen Sprache, das Seiende.

Die Entwicklung würde erklären, wie so es eine gewiß nur menschliche, aber doch eindeutige, einheitliche Wahrheit gibt und warum zwischen unseren Gewißheiten eine Wahl stattfinden muß. Selbst bei der Annahme einer radikalen Zufälligkeit zu Beginn der Entwicklung könnte die Erkenntnis in bestimmten Richtungen allmählich eine der biologischen Immunität analoge Festigkeit erlangen. Gewisse Denkweisen sind uns zu eigen geworden und widerstreiten, soll unser Denkorgan nicht zerstört werden, der Zulassung anderer. Die Formel für den Satz des Widerspruches wäre dann nichts als die schematische Formel für diese seelische Imprägnierung.

Die Tatsache wäre dann leicht zu erklären, daß die Wahrheit zuerst oft unsere Vernunft verletzt hat, irrational erschienen ist; ebenso die, daß unser Organismus damit beginnt, dasjenige abzulehnen, woran er nicht angepaßt ist, und daß er nur weiter lebt, indem er sich ihm so lange anpaßt, bis er von ihm unzertrennlich ist. Und das Ergebnis dieser progressiven Anpassung würde eben unsere Erkenntnis und unsere Wissenschaft

---

selbst ein Ding, ist notwendig und objektiv, und es gibt kein Objekt außer ihr, so daß sie als absolut qualifiziert werden kann.



konstituieren. Anstatt die Erfahrung dem Denken entgegenzusetzen, müßte man sie eng miteinander verknüpfen und auf empirischem Wege die alte Identität von Denken und Sein wiederfinden, in dem erweiterten Begriff der an sich notwendigen Erfahrung, die wir uns nicht anders vorstellen können, außer wir könnten aus unserem Ich heraus. So könnte man in den Grenzen der Erfahrung und des Relativismus, die beide durch die Wissenschaft gefordert sind, ersehen, wie das der Wissenschaft gleich unentbehrliche Notwendige und Objektive gefunden wird.

5. Die Wahrheit wäre hiernach das Ergebnis unbesiegbarer Gewohnheiten einer notwendigen Entwicklung. Sie läge in der Zukunft einer Entwicklung, hätte aber ein Sein, da sie sich beständig verwirklicht und vervollständigt. Nachdem sie uns zuerst feindlich oder doch fremd erschienen, würde sie allmählich unser Eigentum werden. Die Geschichte der Wissenschaft, die Fortsetzung der psychischen Geschichte der Wahrnehmung und des Gedankens, wäre die Geschichte der Erwerbung dieser Wahrheit, das menschliche und notwendige Resultat einer menschlich-notwendigen Entwicklung in den Grenzen der menschlichen Natur.

Radikaler Empirismus, radikaler Dogmatismus; Forderungen der Erfahrungen, Forderungen der Vernunft — zwei Ausdrücke, welche nur einen Unterschied in den Standpunkten bezeichnen, aber einen identischen, einzigen Inhalt haben. Das Rationale ist nur die abstrakte Formulierung der Erfahrungsgesetze; die Erfahrung ist nur die konkrete Hülle der Vernunftkategorien. Es sind zwei Momente der Geschichte unseres Wirklichkeitsbegriffes

Die Kategorien selbst haben somit eine Entwicklung, denn sie entspringen aus der Entwicklung; sie müssen, scheint es, eine historische Bedeutung gewinnen, ihre Natur ist psychologischer, sozialer, vielleicht auch biologischer Art. Aber sie bewahren, wie in aller Entwicklung, eine Eigenheit, etwas Identisches und Stetiges durch ihre Umformungen hindurch. Sie schreiten fort, indem sie im relativistischen Sinne präziser, immer geschmeidiger werden, um den Forderungen der Erfahrungen ohne Zutat zu genügen. Die Substanz ist nur noch die Konstanz der Relationen, die Tatsache der Existenz eines Konstanten, welche die

Erhaltung der Energie und das Äquivalenzgesetz zum Ausdruck bringen. Die Ursache ist nur noch die Funktion, die Konkomitanz der Veränderungen. Der Determinismus der Natur reduziert sich auf die Feststellung ähnlicher Fälle, auf die Analogie, welche die Ableitung durch Zusammensetzung, nicht mehr durch Identität des Wesens und Implikation ermöglicht.

Die Tatsache unterscheidet sich nicht mehr vom Grund, denn sie läßt sich in einen solchen verwandeln. Dieses Paradoxon kann der neuen Philosophie zur Maxime dienen, einem neuen Rationalismus, der durch seinen Glauben an die empirische Wissenschaft charakterisiert ist, einer Philosophie als Synthese des alten Empirismus und Rationalismus.

Höchst wahrscheinlich werden wir niemals alle Relationen der Dinge erschöpfen. In diesem Sinne läßt die Entwicklung, die uns zur Wahrheit führt, kein Ende ersehen, sie ist unbegrenzt; dies ist übrigens ein Grundzug aller Entwicklung. Die volle Wahrheit, im Sinne des Umfanges verstanden, wird niemals erreicht werden. Der Sturz des alten ontologischen Mechanismus, der Theorie der Einfachheit der Naturgesetze, welche reale Elemente annahm, aus denen alles Übrige zusammengesetzt wurde, bedeutet nichts anderes vom philosophischen Standpunkte. Aber die zeitgenössische Physik und der Mechanismus der Gegenwart haben die Theorie der Natureinheit aufrechterhalten, indem sie zugleich dem älteren Standpunkt den Begriff ihrer unendlichen Kompliziertheit gegenüberstellt. Nur sind sie durch diese Relationen so verknüpft wie durch die Räder eines Mechanismus. Jede von ihnen ist intelligibel, und die Wissenschaft ist fähig, sie eine nach der anderen zu begreifen. Die Tatsache bleibt nach wie vor eine Maschine, d. h. bis in ihre kleinsten Teile unseren Vernunftbestimmungen zugänglich. Diese Anpassung unseres Denkens an die Wirklichkeit wird, wenn sie auch mit jedem Tage zunimmt, zweifellos niemals vollendet sein; dennoch ist etwas zustandegekommen. Die Erfahrungswissenschaft breitet sich wie ein Bauwerk aus, an dem man fortbaut, ohne daß jemals die alten, wenn auch manchmal renovierten Teile mit den neuen ein harmonisches Ganzes zu bilden aufhören. Wenn auch die Wissenschaft stets der Erweiterung bedarf, so hört sie doch nicht auf, Wissen-

schaft, d. h. Wahrheit zu sein. Nur dem Umfange, nicht dem Inhalte nach ist sie begrenzt.

6. Die zeitgenössische Philosophie hat sich fast durchweg an eine Hauptschwierigkeit gestoßen. Die herrschende Strömung des Historismus und Psychologismus hat die alten abstrakten und statischen Standpunkte umgestoßen. Der Begriff des Werdens wurde mit einer nie gekannten Weite und Tiefe erneuert. Die Evolution, die dynamische Aktivität, die unendlichen Variationen der Qualität, die eminente Würde der Praxis — das sind die philosophischen Hauptneuheiten des Endes des 19. Jahrhunderts. Der immer mehr nuancierte und verfeinerte Empirismus mündet in einen Fideismus, bei der Suprematie des Glaubens — der Empirismus, der einst die große Kriegsmaschine des Skeptizismus in dessen Kampfe mit den Behauptungen der Metaphysik gewesen war.

Hat man nicht nach und nach, durch eine Reihe unmerklicher Nuancen, den wahren Sinn des Wortes „Erfahrung" entstellt? Unter ihren Existenzbedingungen, in der Erfahrungswissenschaft, welche sie präzisiert und läutert, führt uns die Erfahrung zur Notwendigkeit und Wahrheit; der Empirismus verbindet sich mit jenem Rationalismus, welcher die Wissenschaft nicht übersteigen, sondern sie in ihrer Fülle zum Ausdruck bringen will.

Die Reaktionsbewegung gegen den metaphysischen und transzendenten Rationalismus war aber nicht ohne Früchte. Die Kritik, die wir ihr verdanken, bereitet eine philosophische Synthese vor, welche die extremen Thesen durch deren Aufhebung in einem höheren Standpunkte miteinander versöhnt. Ja, das menschliche Denken hat eine Geschichte, welche in Betracht kommt, will man es bewerten oder analysieren, und diese Geschichte hat, seitdem eine Wissenschaft besteht, die Geschichte der Wissenschaften zum Zentrum. Ja, der Nutzen, die Praxis im edlen Sinne des Wortes haben die Entwicklung des Denkens durch alle Zufälligkeiten seiner Anpassung geleitet und werden sie weiter leiten. Ja, alles geht von der Tatsache aus und führt wieder zu ihr zurück. Sind das aber Gründe zur Leugnung der Notwendigkeit der Tatsache? Ist aber die Tatsache notwendig, ist es dann nicht zu begreifen, daß diese Notwendigkeit im Subjekt in

einer rationalen Ordnung, in einer Vernunft zum Ausdruck kommt? Ist dann der praktische Gesichtspunkt etwas anderes als die Umkehrung des theoretischen? Setzt nicht die Anpassung schon durch ihre Existenz selbst mitten auf dem gewagtesten Wege einen Fortschritt und ein Ziel voraus? Lassen nicht die historischen Veränderungen mählich ein Gewebe sich abzeichnen und lassen nicht die unzähligen Nuancen der Tatsachen allmählich den Stoff dieses Gewebes erraten? Warum soll man, wenn man den Instinkt, das Unbewußte, die Spontaneität, die Kontingenz, die Lebenstätigkeit, die historische Entwicklung, welche ein beschränkter, toter Rationalismus mißachtete, betont, behaupten, daß sie mit der Vernunft, dem klaren Bewußtsein, der Notwendigkeit, der definitiven Ordnung, dem Fortschreiten in der Wahrheit unvereinbar seien? Wie die Entwicklung der Physik und ihrer Prinzipien zeigt, sind der Instinkt und die historische Zufälligkeit die Hülle der theoretischen Notwendigkeit und der Vernunft.

Die Wissenschaft, und zwar die Wissenschaft in ihrer höchsten Form, jener, welche die Erfahrung in einem rationalen System absorbiert und die sinnlich-empirische Anschauung durch die logische Organisation vollendet, gibt ein der Wirklichkeit äquivalentes System. Hyperbolisch sind vielleicht noch andere möglich, da es sich nur um Äquivalenz handelt. Historisch und wirklich aber ist es das einzige, welches für den Menschen bestehen kann, denn es allein entspringt der Anpassung seiner physischen und psychischen Organisation an die Organisation des Alls. Es ist die einzige Weise, wie die Gattung das Seiende vorzustellen vermag. Und weil die Gattung nicht aus ihm heraus kann, ist es wahr, weil menschlich allgemein und notwendig. Es ist für den Menschen die Schauung der Dinge sub specie aeterni. Jede Frage nach einem transzendenten Absoluten ist müßig. Für uns ist die Existenz der Welt unserer Denkweise immanent.

Namenregister.

Inhal

Die

Di

die d

handenes Gut ist, mit dem sparsam umzugehen niemand verhalten zu werden ...

Aus den Kritiken:

Dr. Reinhold Jäckel schreibt (Deutsche Industriebeamten-Zeitung, Berlin): "Hier liegt ein Werk von nicht alltäglicher Bedeutung vor . . . Der eigentliche Kern der Goldscheidschen Ausführungen liegt darin, daß er in wahrhaft genialer Weise die engen Beziehungen zwischen der Wirtschafts- und der Bevölkerungswissenschaft dargelegt hat . . . Das Goldscheidsche Buch will auf jeder Seite in jeder Zeile gelesen sein. Es ist das Buch eines Denkers. Es lehrt, daß ein tüchtiger Nationalökonom und Statistiker nur bei einer guten Anlage zur philosophischen Spekulation denkbar ist."

Pester Lloyd: "Es sind ästhetische Werte, um die der Verfasser kämpft, kulturelle Schätze, die er retten will, und dafür bringt er einen eigenen Stil mit: einen sprechenden. Man hört seine Feder — sie hat eine Donnerstimme, wenn ein Gewitter im Anzuge ist, wenn die Luft von verpesteten Hirngespinsten gereinigt werden soll. Kein Verbeugen, kein Händedrücken, kein Hutabnehmen, ohne Höflichkeitsbezeigungen, ohne herkömmliche Etikette streckt er jede sich ihm in den Weg stellende Lüge erbarmungslos nieder."

Wiener Abendpost: "Der Autor Rudolf Goldscheid steht in Wien im Mittelpunkt aller wissenschaftlichen Bestrebungen soziologischer Art. Er ist es, der an der Wiener Universität die mächtig emporblühende 'Soziologische Gesellschaft' ins Leben rief und durch Gastvorträge berühmter Soziologen populär machte. Er vermittelte den Wienern den Kontakt mit Deutschlands Koriphäen und deren soziologischem Forschen. Das vorliegende Werk Goldscheids stellt einen Teil eines umfangreicheren Werkes über Soziologie dar. Das temperamentvolle Buch beginnt mit einem Protest gegen die Menschenvergeudung. Es nennt sich eine Anklageschrift gegen alle diejenigen, die den Wahnglauben vertreten und verbreiten, daß der Mensch ein im Überflusse vorhandenes Gut sei, mit dem sparsam umzugehen niemand verhalten zu werden brauche."